

**Mikko Sirviö**

**Monilinjainen kemikaalijäännösmittari**

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Kevät 2008



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Mikko Sirviö	
Työn nimi Monilinjainen kemikaalijäännösmittari	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Sulautetut järjestelmät	Ohjaaja(t) Pentti Romppainen, Lauri Keränen  Toimeksiantaja Metso Automation Oy
Aika 15.5.2008	Sivumäärä ja liitteet 45
<p>Metso Automation Oy kehittää ja valmistaa prosessiteollisuudessa käytettäviä mittalaitteita ja analysointilaitteita. Yksi mittareista on Kajaani Polaroxfi-(P), jolla mitataan valkaisukemikaalien jäännöspitoisuutta valkaisuprosessista. Mittarista ollaan kehittämässä monilinjaista mallia. Työn tavoitteena oli rakentaa kyseisen mittarin monilinjainen näytteen käsittely ja testata sen toimintaa laboratorio-olosuhteissa.</p> <p>Työ aloitettiin selvittämällä, millaisessa ympäristössä kemikaalijäännösmittaria käytetään ja millainen ratkaisu ympäristöön olisi järkevintä toteuttaa. Esiselvitysten pohjalta suunniteltiin mittarin lohkokaavio, josta rakennettiin toimiva laitteisto Metso Automationin Kajaanin toimipisteen laboratoriotiloihin. Laitteistolla simuloitiin näytteenottoa ja tarkkailtiin, miten näyte siirtyy näytelinjoja pitkin mittarille sekä kuinka nopeasti näyte vaihtuu mittarin mittakennossa. Laitteistossa kokeiltiin erilaisia ratkaisuja ja tutkittiin, oliko niillä vaikutusta laitteiston toimintaan.</p> <p>Työssä saatiin selville näytteen paineilmasiirron vaikutuksia näytelinjoihin sekä sen vaikutusta näytteen käyttäytymiseen näytelinjoissa. Näytettä siirrettiin näytelinjoja pitkin sen omalla paineella sekä paineilamalla avustuen. Lisäksi työssä saatiin selville, miten näyte vaihtuu mittakennossa ja millä menetelmillä näytteen vaihtumista voidaan nopeuttaa. Näytteenvaihtumista tehostettiin siten, että mittari tyhjennettiin näytejäämistä paineilamalla ennen uuden näytteen ottoa.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Mikko Sirviö	
Title A Multiline Residual Chemical Meter	
Optional Professional Studies Embedded Systems	Instructor(s) Pentti Romppainen, Lauri Keränen
	Commissioned by Metso Automation Oy
Date May 15, 2008	Total Number of Pages and Appendices 45
<p>Metso Automation produces analyzers and meters for pulp and paper industry. One of the instruments is Kajaani Polaroxfi-(P). This instrument measures the residual contents of the bleaching chemical in paper pulp. The instrument is upgraded to a multiline model. The purpose of this Bachelor's thesis was to build and test multiline sample processing in the laboratory.</p> <p>The task was started by solving in what kind of environment the chemical residual meter is used and what kind of system would be reasonable for the environment. Based on the preliminary report, a flow chart of the system was designed. Next an operative system was built for the laboratory of the company. Simulated sampling was created with the equipment. Then it was observed how the sample moved through the sample line to the meter and how fast the sample would change in the measuring cell of the meter. In the equipment a variety of solutions were tried out and it was studied if they have an effect on the equipment.</p> <p>On the basis of the results it can be seen how the sample moves through the sample line and how fast it changes in the measuring cell. It was discovered how a multiline sample handling had better to function.</p>	
Language of Thesis      Finnish	
Keywords	
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## ALKUSANAT

Aiheen insinöörityölleni sain ollessani Metso Automation Oy:llä harjoittelussa. Työssä käsiteltiin monilinjaisen kemikaalijäännösmittarin näytteenkäsittelyn toimintaa.

Kiitokset työn hankkimisesta kuuluvat Päivi Häätylälle. Haluan myös kiittää ohjaajiani Pentti Romppaista, Lauri Kerästä sekä Eero Soinista työn tekoon ja kirjoittamiseen saadusta avusta ja opastuksesta.

Kajaanissa 15.5.2008

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PAPERIMASSAN VALMISTUS	2
2.1 Mekaaninen massan valmistus	2
2.2 Kemiallinen massanvalmistus	4
2.3 Uusiomassa	5
3 PAPERIMASSAN VALKAISU	6
3.1 Paperimassan vaaleus	6
3.2 Kemiallisten massojen valkaisu	7
3.2.1 Perinteinen valkaisu	7
3.2.2 ECF-valkaisu	8
3.2.3 TCF-valkaisu	9
3.3 Mekaanisen massan valkaisu	9
4 JOHTOKYKYMITTAUS	10
5 TYÖN SUUNNITTELU	12
5.1 Esiselvitys	12
5.2 Testattavat asiat	13
5.3 Testausympäristön toteutussuunnitelma	14
6 TESTAUSYMPÄRISTÖN TOTEUTUS	17
6.1 Näytteenottimet	17
6.2 Näytelinjat	18
6.3 Suodosnäytesäiliö	18
6.4 Mittarinpuoleinen näytteenkäsittely	19
6.5 Mittarin paineilmahuuhtelun toteutus	20
6.6 Venttiilien ohjaukset	21
7 TESTAUKSET	24
7.1 Näytteen siirto näytelinjasta mittarille	24
7.1.1 Siirto näytelinjan omalla paineella	24
7.1.2 Siirto paineilmalla puhaltaen	26

7.2 Näytteen vaihtuminen mittarin mittakennossa	29
7.2.1 Ilman mittarin paineilmahuuhtelua	30
7.2.2 Paineilmahuuhtelua käyttäen	33
8 TULOSTEN TARKASTELU	37
8.1 Näytteen siirto näytelinjasta mittarille	37
8.2 Näytteen vaihtuminen mittarilla	37
8.3 Toimiva ratkaisu	39
9 YHTEENVETO	44
LÄHTEET	45

## 1 JOHDANTO

Metso on maailmanlaajuinen teknologiakonserni, jolla on asiakkaita massa- ja paperiteollisuuden, kiven- ja mineraalinkäsittelyn sekä monilla muilla teollisuuden aloilla.

Metso Automation Oy on erikoistunut toimittamaan prosessiautomaatioratkaisuja maailmanlaajuisesti sellu- ja paperiteollisuudelle sekä energia- ja prosessiteollisuuden käyttöön. Automaatio- ja tiedonhallinnan ratkaisujen lisäksi sen toimialaan kuuluvat elinkaaripalvelut. Metso Automation on sellu- ja paperiteollisuuden erikoismittareiden, analysaattoreiden ja sakeuslähettimien sekä automaattisten sulkuventtiilien markkinointijohtaja maailmassa.

Metso Automation Oy:n valmistamiin mittareihin kuuluu Kajaani Polaroxfi-(P), joka on tarkoitettu valkaisukemikaalijäännösmittaukseen. Polaroxfi-(P) on itsenäisesti toimiva ja erityisesti vetyperoksidin mittaukseen suunniteltu mittalaite. Mittaus tapahtuu valmiista suodosnäytteestä tai valkaisuprosesiin asennetusta suodosnäytteenottimesta saatavasta näytteestä. Laitteella mitataan aktiivisen valkaisukemikaalin pitoisuutta virtaavasta näytteestä sekä valkaisukemikaalien kokonaisjäännöspitoisuutta pysäytetystä näytteestä. Näyte virtaa mittarin sisällä olevaan mittakennoon, jossa sekoittaja vakioi näytteen virtausnopeuden mittauselektrodeille. [1.] Mittarin toiminta perustuu monielektrodijärjestelmään sekä sähkökemiallisesti aikaansaadun virran mittaukseen.

Nykyisestä mittarista on olemassa yksilinjainen malli, johon näyte tuodaan yhdestä näytepisteestä. Mittareita on siis oltava yhtä monta kuin on prosessista mitattavia näytepisteitäkin. Mittarista ollaan kehittämässä mallia, jossa olisi useampi näytelinja.

Työn tavoitteena oli selvittää, montako näytelinjaa mittariin tarvitaan, miettiä tähän toimivia ratkaisuja sekä rakentaa ja testata monilinjaisen näytteenkäsittelyn toimintaa laboratorioolosuhteissa. Työssä tärkeimpiä testattavia asioita olivat näytteen siirtäminen pitkiä näytelinjoja pitkin mittarille sekä näytteen vaihtuminen mittarin mittakennossa.

## 2 PAPERIMASSAN VALMISTUS

Massanvalmistuksen tärkein tehtävä on irrottaa puukuidut toisistaan. Toisena tehtävänä on muokata kuidut sopiviksi paperimassan valmistusta varten, koska puukuidut ovat luonnostaan liian jäykkiä ja huonosti toisiinsa sitoutuvia. Valmistusmenetelmiä ovat:

- mekaaninen kuidutus
- kemiallinen kuidutus.

Paperimassaa valmistetaan myös kierrätyspaperista, josta puukuidut otetaan talteen ja käsitellään uudelleen.

### 2.1 Mekaaninen massan valmistus

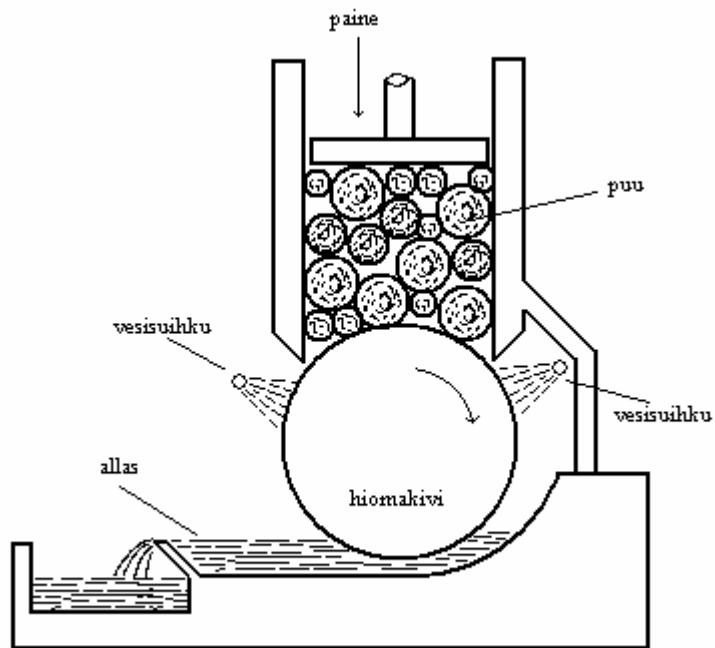
Mekaanisessa kuidutuksessa puun kuidut irrotetaan toisistaan mekaanisen rasituksen avulla. Mekaaninen työ muuttuu kitkan ansiosta lämmöksi, joka pehmentää puukuituja toisiinsa sitovan ligniinin ja avaa kuitujen väliset sidokset. [2.]

Ligniinin pehmentämistä nopeutetaan valmistusprosessiin syötettävällä höyryllä [2]. Kun mekaaninen massa on valmista, on sitä kaksinkertainen määrä kemialliseen massaan verrattuna. Tämä johtuu siitä, ettei massasta ole poistettu ligniiniä. Mekaanista massaa voidaan tehdä kahdella tavalla:

- hiomalla
- hiertämällä.

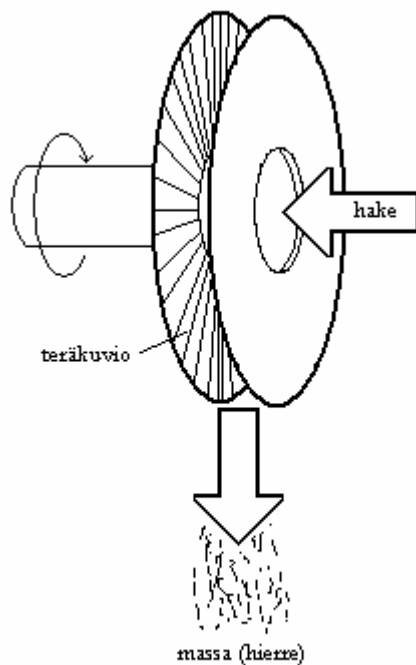
Hiontaprosessin raaka-aineena käytetään kuorittuja ja määrämittaan katkottuja kuusipölkkyjä [2]. Kuidutuksessa ne painetaan akselin suuntaisesti pyörivää hiomakiveä vasten (kuva 1).





Kuva 1. Hiontaprosessin periaate

Hiertoprosessissa mekaaninen rasitus saadaan aikaan aikaiseksi syöttämällä hakepalasia teräpintaisten jauhinlinevjen väliin (kuva 2), joista toinen tai molemmat ovat pyöriviä. [4.]



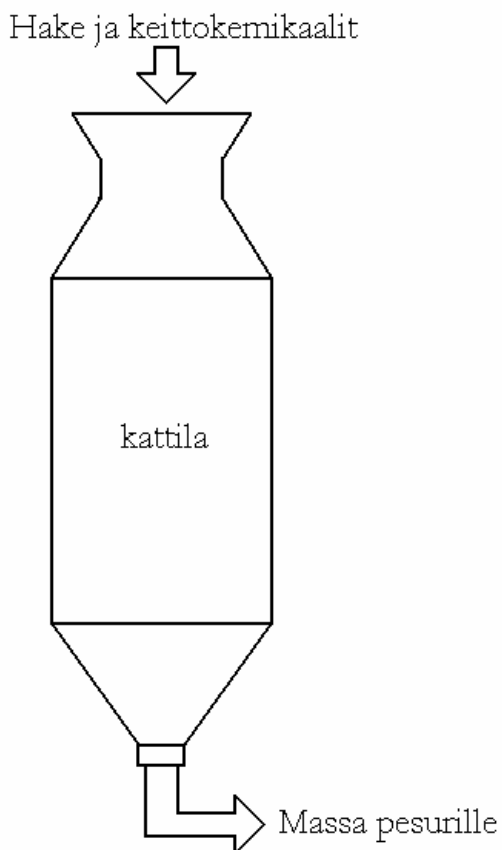
Kuva 2. Hiertoprosessin periaate

Jauhinlevyjen väli on hakepalasten dimensiota pienempi ja pienenee kuitumateriaalin kulkusuuntaan. Levyissä olevan teräkuvion tarkoitus on siirtää energiaa pyörivistä levyistä puuainekseen [3]. Hiertoprosessin tehokkuutta voidaan parantaa lämmöllä (lämpöhierre) tai kemikaaleilla (kemihierre).

## 2.2 Kemiallinen massanvalmistus

Kemiallisen massanvalmistuksen periaate on liuottaa kuituja toisissaan kiinni pitävä ligniini siten, että kuidut irtoavat toisistaan. Ennen kemiallista massaa nimitettiin tavallisesti selluksi ja puhuttiin sellutehtaista. [2.]

Hake syötetään hakeastioista suuriin kattiloihin sen yläosasta. Siellä haketta keitetään valkolipeässä. Lämpötila kattilan keskivaiheilla on noin 160 °C [2]. Kun keitto on valmis, otetaan se ulos kattilan pohjasta (kuva 3).



Kuva 3. Sellun keitto

Keittämisen jälkeen massa pestään pesurissa vedellä kemikaalijäänteiden poistamiseksi. Pesuveden kemikaalijäänteiden seosta kutsutaan mustalipeäksi. Mustalipeä otetaan talteen, ja se poltetaan erikoiskattiloissa. Siitä syntynyt lämpö käytetään lämmitykseen. [2.] Poltetun mustalipeän tuhkasta muodostetaan uudestaan valkolipeää.

### 2.3 Uusiomassa

Uusiomassalla tarkoitetaan kierrätetystä paperista eli keräyspaperista valmistettua massaa. Muita nimityksiä tälle massalle on kierrätysmassa ja siistattu massa (jälkimäinen tarkoittaa tarkkaan ottaen vain yhdentyypistä uusiomassaa) [3]. Siistauslaitoksessa keräyspaperi hajotetaan veden ja kemikaalien avulla sulpuksi, jossa puukuidut, painovärihiukkaset ja muut epäpuhtaudet ovat toisistaan irrallaan. [3.] Kuidutuksen jälkeen kuitusulppu puhdistetaan erilaisilla lajittimilla, jotka erottavat sulpusta hiekkaa, nüttejä, pieniä muovikappaleita, kuituuntumatonta paperia yms. Tämän jälkeen seuraa varsinainen siistaus eli musteen poisto.

Mustepartikkelit poistetaan niin sanotulla flotaatiomenetelmällä, jossa musteen poisto tapahtuu vaahdotuskennoissa, joissa laimeaan kuitusulppuun lisätään ilmaa. Painoväri tarttuu ilmakupliin ja nousee kennojen pintaan vaahdoksi. Vaahto kaavitaan, sakeutetaan ja poistetaan prosessista. Vaahdotus voidaan toistaa useita kertoja, ja näin saavutetaan haluttu vaaleustaso. Uusiomassan väri on kuitenkin usein harmahtavaa. Kierrätykseen tullut kotikeräyspaperi ja vaalea toimistopaperi käytetään sanomalehti- ja aikakauslehtipaperin sekä pehmopaperin valmistukseen. [3.]

Paperia ei voida kierrättää loputtomasti, koska puun kuidut lyhenevät valmistusprosessissa. Mitä lyhyempää kuitu on, sitä hauraampaa paperista tulee [4]. Kuidut on käytetty loppuun noin 4–6 kierrätyskerran jälkeen.

### 3 PAPERIMASSAN VALKAISU

Paperimassan valkaisun tavoitteena on sen vaaleuden ja puhtauden parantaminen. Tämä tapahtuu poistamalla tai vaalentamalla massan värillisiä aineita. Jäännösligniini on merkittävin väriä aiheuttava aine, joten se pyritään poistamaan tai vaalentamaan. Tavoitteesta riippuen puhutaan ligniiniä poistavasta tai ligniiniä säilyttävästä valkaisusta. Edellinen tehdään tavallisilla kloorikemikaaleilla (kloori, hypokloriitti, klooridioksidi) ja alkalilla, jälkimäinen peroksidilla tai ditioniitilla. [5, s. 13.]

Valkaisutapa valitaan tuotteelle haluttujen ominaisuuksien perusteella. Kemiaaliset massat valkaistaan useimmiten ligniiniä poistavalla valkaisulla ja mekaaniset massat ligniiniä säästävällä valkaisulla. [5, s. 13.]

Valkaisulla pyritään myös vähentämään massan pihkapitoisuutta. Valkaisun tavoitteiksi asetetaan jokin tai jotkut seuraavista [5, s. 13]:

- vaaleuden parantaminen
- puhtauden parantaminen
- pihkapitoisuuden alentaminen
- erikoismassojen valmistus.

#### 3.1 Paperimassan vaaleus

Massan vaaleutta mitataan massa-arkin kyvyllä heijastaa siihen kohdistuvaa valoa. Siihen vaikuttavat massan valonabsorptio ja valonsironta. [6.] Mittaukseen käytetään sinistä ( $\lambda=457$  nm) valoa. Vaaleus ilmaistaan prosentteina (ISO). Sen teoreettinen maksimi on 100. Alla on esitetty yleisiä vaaleusarvoja eri paperityypeille:

- |                              |              |
|------------------------------|--------------|
| – sanomalehtipaperi          | 60–73 % ISO  |
| – aikakauslehtipaperit       | 73–85 % ISO  |
| – taidepainopaperi           | 84–90 % ISO  |
| – päällystämätön sellupaperi | 85–95 % ISO. |

### 3.2 Kemiaallisten massojen valkaisu

Kun kemiallinen massa eli sellu on keitetty valmiiksi, sisältää se vielä jonkin verran ligniiniä, joka aiheuttaa massaan väriä. Ligniinipitoisuuden mittana käytetään ns. kappalukua. Havupuusulfaattimassa keitetään normaalisti kappalukuun 20...30, mikä vastaa 3...4,5 %:n ligniinipitoisuutta. Lehtipuumassat, esim. koivu, keitetään vastaavasti kappalukuun 15...20, mikä vastaa 2,5...3 %:n ligniinipitoisuutta. [3.]

Valkaisemattomissa paperilaaduissa, esim. ruskeassa voimapaperissa, massa on käyttökelpoista tällaisenaan. Jos massasta halutaan vaaleampaa, on jäännösligniini poistettava miltei kokonaan, koska valtaosa ruskeasta väristä on peräisin voimakkaasti värjäytyneestä ligniinistä. [3.]

#### 3.2.1 Perinteinen valkaisu

Tämä valkaisu sisältää elementaarikloorivaiheen. Valkaisua ei yleensä tehdä yhdessä vaiheessa, vaan siinä käytetään useampaa peräkkäistä vaihetta. Perinteisesti valkaisu on tehty kloorikemikaaleilla:

- (elementaari-) kloorilla (Cl, merkintä C)
- hypokloriitilla (NaOCl, merkintä H)
- klooridioksidilla (ClO<sub>2</sub>, merkintä D).

Vaiheiden välillä liuennut ligniini uutetaan alkalilla (NaOH, merkintä E). Tyypillisiä perinteisiä valkaisusekvenssejä ovat CEHDED ja CEDED. [3.] Valtaosa jäännösligniinistä pyritään poistamaan halvimalla kemikaalilla eli kloorilla, ja vasta viimeisten ligniinirippeiden poistoon käytetään kalliimpaa klooridioksidia.

Kun valkaisimoiden jätevesikuorman vähentämiseksi siirryttiin kierrättämään valkaisimoiden suodoksia, pyrki lämpötila kloorivaiheessa nousemaan, millä oli haitallinen vaikutus kuitujen lujuuteen. Tämän estämiseksi siirryttiin lisäämään klooridioksidia kloorivaiheessa eli käyttämään sekvenssiä (DC)EDED. [3.] Nykyiset laiteratkaisut mahdollistavat pienien

happikaasumäärien (O, merkintä O) sekoittamisen massaan alkalivaiheessa (EO-vaihe). Happi tehostaa ligniinin poistoa alkalivaiheessa. Siinä voidaan myös käyttää pieniä määriä vetyperoksidia (HO, merkintä P) tehostamaan ligniinin poistoa [3].

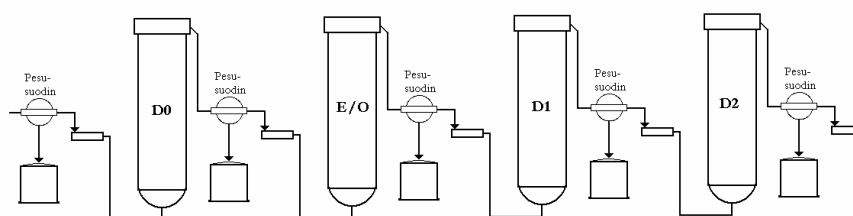
Perinteisellä valkaisulla voidaan jäännösligniini poistaa miltei kokonaan, jolloin sulfaattimassan vaaleus nousee arvosta 23–30 % ISO arvoon 81–88 % ISO, eli saadaan ns. täysvalkaistua massaa. [3.]

### 3.2.2 ECF-valkaisu

Kun ensimmäisessä valkaisu vaiheessa käytettävä kloori korvataan klooridioksidilla, voidaan siten huomattavasti vähentää valkaisimoiden jäteveden sisältämiä orgaanisia klooriyhdisteitä, jotka ovat ympäristölle haitallisia. Tällaisesta valkaisusta saatetaan käyttää nimitystä klooriton valkaisu, mutta sitä ei pidä sekoittaa täysin ilman kloorikemikaaleja suoritettavaan valkaisuun. Englanniksi tällaisesta valkaisusta käytetään nimitystä ECF eli Elementar Chlorine Free. [3.]

Siitä huolimatta, että klooridioksidi ei ole yhtä tehokas kuin kloori, mutta jonkin verran kalliimpi, on suurin osa Pohjoismaiden tehtaista siirtynyt tällaiseen valkaisuun. Elementaarikloorista luopuminen näkyy selvästi valkaisimoiden jätevesien sisältämien orgaanisten klooriyhdisteiden vähenemisenä.

Jatketun keiton happidelignifioinnin jälkeen voidaan havupuumassa valkaista täyteen vaaleuteen esim. sekvenssillä D(EO)DD [3]. (kuva 4).



Kuva 4. ECF-valkaisulaitos (sekvenssi: D0 (EO) D1 D2)

### 3.2.3 TCF-valkaisu

Täysin kloorittomassa valkaisussa (Total Chlorine Free = TCF) ei käytetä lainkaan kloorikemikaaleja. Valkaisukemikaaleina ovat tällöin käytettävissä happi, vetyperoksidi ja otsoni [3]. Nykyään on käytössä myös perhappoja, kuten peretikkahappo, permonorikkihappo eli Caron-happo ja aktivoitu hapan peroksidi [3].

Yksinkertainen klooriton valkaisuusekvenssi muodostuu peräkkäisistä peroksidivaiheista QPPP. Tässä Q on raskasmetalleja poistava käsittely kompleksinmuodostajalla [3].

Peroksidivalkaisun tehokkuutta voidaan parantaa paineistamalla, josta käytetään nimitystä paineellinen peroksidivaihe (PO).

### 3.3 Mekaanisen massan valkaisu

Mekaaninen massa on käytännössä hienonnettua puuainesta, joten sen vaaleus on samaa tasoa kuin tavallisen puuaineksen. Vaaleus riippuu taas käytetystä puuaineksestä. Prosessissa käytetty korkeampi lämpötila saattaa tummentaa massoja. [3.] Alla on tyypillisiä mekaanisen massan vaaleuksia:

- hioke                60–65 % ISO
- painehioke        60–63 % ISO
- kuumahierre      57–60 % ISO.

Joissakin tapauksissa tämä vaaleus on riittävä. Tämän vaaleustason paperia voidaan käyttää mm. sanomalehtipaperina. Useat lopputuotteet asettavat kuitenkin korkeampia vaaleusvaatimuksia, jolloin massat on valkaistava. Toisin kuin kemiallisten sellujen valkaisussa, mekaanisten massojen valkaisussa ei pyritä poistamaan jäännösligniiniä, vaan siinä olevan ligniinin värilliset osat pyritään muuttamaan värittömiksi. Tämä sen takia, ettei menetetä mekaaniselle massalle tyypillistä korkeaa saantoa. Tärkeimmät valkaisukemikaalit ovat ditioniitti eli hydrosulfitti ja vetyperoksidi. Ditioniitilla vaaleutta voidaan nostaa n. 10 % ja peroksidilla 15–20 % [4]. Suurin saavutettavissa oleva vaaleus on siten n. 80 % ISO, mikä on selvästi vähemmän kuin täysvalkaistun sellun vaaleus [3]. Mekaanisten massojen haittana selluihin nähden on se, ettei vaaleus ole pysyvä, vaan paperit alkavat kellertyä ajan myötä.

#### 4 JOHTOKYKYMITTAUS

Tässä työssä käytettiin monilinjaisen Polaroxfi-(P):n toiminnan testaukseen johtokykymittausta. Koska testattavana oli mm. nesteen vaihtuminen mittarin mittauskennoissa, asennettiin kennoon johtokykyanturi ja näytteenä käytettiin kahta täysin erilaisen johtokyvyn omaavaa nestettä.

Aineen kykyä johtaa sähköä kuvataan suureella johtavuus  $\gamma$ . Se määritellään ominaisvastuksen käänteisarvona ja sen yksikkö on  $[\gamma]=1/[\rho]=\text{S/m}$ . [7.]

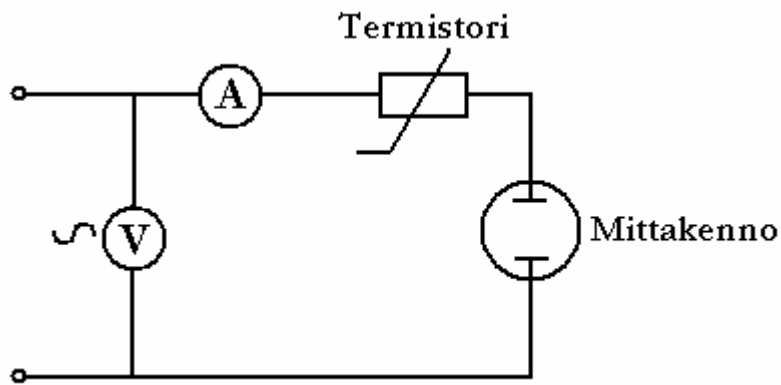
Aineen johtavuuden perusyksikkö SI-järjestelmän mukaan on  $1/(\Omega\cdot\text{m})$ . Tämän johdannaisyksikkö on S/m (S=siemens). Kajaani Polaroxfi-(P):n antamat johtavuuslukemat ovat yksikköä mS/m. Jossain tapauksissa käytetään myös yksikköä  $\mu\text{S/m}$ .

Liuoksen johtavuus riippuu siitä, kuinka paljon siinä on ioneja. Johtavuus määräytyy ionien kokonaismäärän mukaan. Johtavuutta voidaan pitää tietyn elektrolyytin pitoisuuden mittana, jos nesteessä on liuenneena vain yhtä elektrolyyttiä. Liuoksen johtavuus muuttuu jyrkästi pitoisuuden muuttuessa. Elektrolyyteille on olemassa pitoisuuden maksimikohta, jonka jälkeen johtavuus laskee. [8.] Laimeilla liuoksilla johtavuus näyttää lineaariselta.

Dissosioituminen ja ionien liikkuvuus riippuvat lämpötilasta. Johtavuus muuttuu lämpötilan kasvaessa keskimäärin  $2...3\text{ \%/}^{\circ}\text{C}$  [8].

Jokaisella anturilla on oma kennovakio (k). Se on elektrodien välisen etäisyyden (l) ja pinta-alan (A) suhde [8]. Kun anturin kennovakio tunnetaan, johtavuus saadaan mittaamalla elektrodien välinen resistanssi [8]. Yksinkertaisimmillaan johtavuusanturissa on kaksi elektrodia, jotka on sijoitettu eristemateriaalista valmistettuun kammioon [8]. Kuva 5 esittää johtokykymittauksen periaatetta yksinkertaisimmillaan.





Kuva 5. Johtokykymittauksen periaate

Polarisaatiovaikutuksen välttämiseksi mittauksessa on käytettävä aina vaihtojännitettä. Mittausanturi valitaan mitattavan elektrolyytin mukaan.

Suuria pitoisuuksia mitataan nelielektrodimenetelmällä, koska se poistaa kasvavan virtakuormituksen aiheuttaman polarisaation vaikutukset. Tämän ansiosta mittaustarkkuus paranee isommilla pitoisuuksilla. Myös Kajaani Polaroxfi-(P):n johtokykymittaus on toteutettu nelielektrodiperiaatteella.

Johtavuus on voimakkaasti lämpötilariippuvainen, joten se on kompensoitava lämpötilan mukaan. Kajaani Polaroxfi-(P) -mittari sisältää Pt-100-lämpötila-anturin.

## 5 TYÖN SUUNNITTELU

Tässä kohdassa esitetään, minkälaiseen testausympäristön toteutukseen päädyttiin ja mitä ympäristöstä päätettiin testata työn esiselvitys- ja suunnitteluvaiheessa. Lohkokaaviokuvissa esitetty testausympäristö ei ole lopullinen, koska siihen jouduttiin testausvaiheessa tekemään pieniä muutoksia, joilla sen toimintaa saatiin parannettua.

### 5.1 Esiselvitys

Polaroxfi-(P) toimii valkaisulaitoksella, jossa se mittaa peroksidivaiheiden jäännösperoksidimääriä prosessista otetusta suodospäätteestä. Tehtaalla on yleensä yksi tai useampia valkaisulinjoja, jotka saattavat sisältää yhden tai useampia peroksidivaiheita. Joillakin tehtailla voi olla käytössään useampia valkaisulinjoja, mutta suurin osa valkaisulaitoksista on yksilinjaisia. Peroksidinäytteitä otetaan yleensä ennen ja jälkeen valkaisuvaiheen. Ennen vaihetta näytteenotto on kemikaalisyötön jälkeen ennen valkaisutornia ja vaiheen jälkeen ennen laimennusta tai pesuria. Peroksidijäennös pitäisi pystyä mittamaan ennen tornia ja sen jälkeen.

Mittarin toteutuksessa päädyttiin kolmilinjaiseen ratkaisuun, koska siihen ei ollut tarve rakentaa useampaa linjaa. Linjojen määrä vaikuttaa mittaussyklin sekä näytelinjojen pituuteen. Kun mittarille tuodaan näytteitä kolmesta eri näytepisteestä, voivat näytelinjojen pituudet olla 10...50 m. Näytelinjojen määrän kasvatus vaikuttaa myös laitteiston venttiilien määrään, joita mittarin olisi kyettävä ohjaamaan binäärilähdöillä. Mittarin on myös kyettävä käsittelemään saatua mittaustietoa, jonka määrä kasvaisi näytelinjojen määrän kasvaessa.

Näytelinjoista otettavan näytteen olisi oltava mahdollisimman tuoretta, eli linjassa olisi oltava jatkuva virtaus, josta se sitten tarvittaessa ohjataan mittarille.

## 5.2 Testattavat asiat

Työn määrittely- ja esiselvitysvaiheessa päätettiin laitteistosta testata seuraavat asiat:

- näytteen siirtäminen näytelinjasta mittarille omalla painolla ja paineilmalla avustaen
- näytteen vaihtuminen mittarin mittakennossa
- näytteen jäähtymisen vaikutus mittaustuloksiin peroksidijäämiä sisältävällä näytteellä
- paineen vaikutus mittaustuloksiin peroksidijäämiä sisältävällä näytteellä.

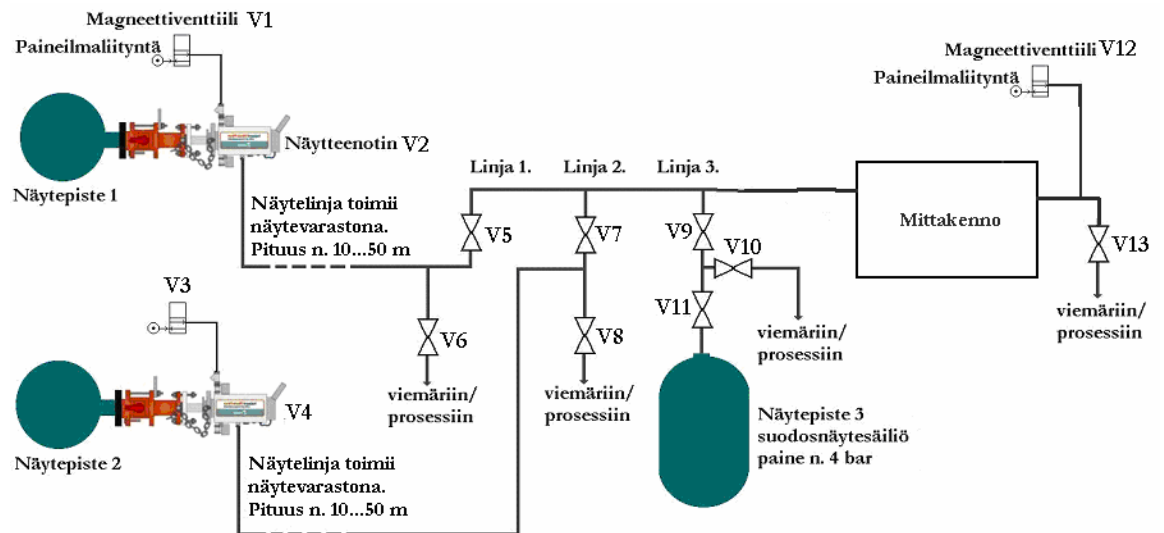
Yllä olevan luettelon kahdesta viimeisestä testauksesta jouduttiin luopumaan, koska laitteistossa päätettiin käyttää näytteenä tislattua vettä, jossa on suolaa sekä puhdasta tislattua vettä. Lämpötilan vaihtelun merkitys mittaustuloksiin ei välttämättä ole sama suolaliuoksella kuin oikealla näytteellä. Näytteen jäähtymisen vaikutus olisi järkevintä testata suoraan oikealla peroksidijäämiä sisältävällä näytteellä. Lisäksi näytteenä käytettyjä liuoksia olisi pitänyt lämmittää, koska tislattu vesi oli verkosta otettuna viileää. Paineen vaikutusta mittaustuloksiin ei myöskään päätetty testata, koska laitteistossa oleva näyte ei altistuisi näytteenotto- ja mittausvaiheessa suurille paineille.

Lopuksi laitteistolla päätettiin testata vain näytteen vaihtumista mittarin mittakennossa sekä näytteen siirtymistä pitkistä näytelinjoista mittarille.

Koska näytteinä päätettiin käyttää tislattua ja suolaista vettä, ei testeissä käytetty lainkaan mittarin omia mittaelektrodeja, vaan näytteen vaihtuminen tunnistettiin mittakennoon asennetun johtokykyanturin avulla.

### 5.3 Testausympäristön toteutussuunnitelma

Seuraava kuvaus esittää esiselvitysten pohjalta tehtyä käytännön laitteistoa, jonka mukaisena se asennettaisiin tehtaalle (kuva 6).



Kuva 6. 3-linjaisen kemikaalijäännösmittarin lohkokaaviokuva

Mittarille tuodaan näyte kolmesta näytepisteestä, joista kaksi, linja 1 ja linja 2 tulevat suodossäilytyslaitteilta. Kolmas linja eli linja 3 tulee paineistetulta suodossäilytyslaitteelta.

Suodossäilytyslaitteella on n. 4 bar paine ja mittarin poistopuolella n. 1 bar hydrostaattinen paine, joten suodossäilytyslaitteen paine verrattuna mittarin poistopuoleen on n. 3 bar. Linjan 3 näyte saadaan mittarille suodossäilytyslaitteen ja mittarin välisen paine-eron avulla.

Linjan 3 näytteenotto tapahtuu seuraavasti:

- Venttiilit V5 ja V7 ovat kiinni ja näytelinjoissa 1 ja 2 virtaa näyte venttiilien V6 ja V8 kautta koko ajan.
- Suljetaan venttiili V10, ja venttiilit V9 ja V11 avataan.
- Näytteen annetaan virrata mittarin läpi niin kauan, kunnes se on vaihtunut mittarin mittakennossa.
- Näytevirta pysäytetään ja suljetaan mittarin jälkeen oleva venttiili V13.

Kun linjasta 3 ei oteta näytettä, ovat venttiilit V9 ja V11 kiinni ja venttiili V10 auki. Linjassa 3 olevan venttiilin V10 tarkoitus on päästää ylimääräinen paine viemäriin tai takaisin prosessiin, ettei näyte pääsisi sekoittumaan mittarilla olevaan näytteeseen.

Näytelinjoja 1 ja 2 käytetään varastona näytteenottomelta valutetulle suodosnäytteelle. Näytteen annetaan valua suodosnäytteenottomilta viemäriin venttiilien V6 ja V8 kautta. Mikäli mahdollista, näytelinjat 1 ja 2 voidaan ohjata takaisin prosessiin, ettei näytettä valuisi hukkaan. Pääasia on, että näytelinjojen 1 ja 2 näytteen annetaan virrata jatkuvasti, että se pysyy tuoreena.

Linjan 1 näytteenotto tapahtuu seuraavasti:

- Suljetaan venttiili V6 ja avataan venttiili V5.
- Näytteen annetaan virrata mittarin mittakennon läpi niin kauan, kunnes se on vaihtunut kokonaan.
- Näyte virta pysäytetään ja suljetaan mittarin jälkeen oleva venttiili V13.

Mikäli tässä vaiheessa näytteen juoksutusta mittarille halutaan nopeammaksi, voidaan näytteenotin V2 sulkea ja puhalttaa paineilmaa magneettiventtiilin V1 kautta. Mikäli juoksutusnopeus on liian suuri, voidaan paineilmaa rajoittaa pulssittamalla. Linjan 2 näytteenotto tapahtuu samalla periaatteella kuin linjan 1.

Mikäli mittarin mittakenno ja ennen mittaria olevat venttiilit halutaan huuhdella paineilmalla, on sitä varten laitteistoon asennettava magneettiventtiiliventtiili V12.

Huuhtelu tapahtuu seuraavasti:

- Suljetaan molemmat näytteenottimet.
- Suljetaan mittarin jälkeen oleva venttiili V13 sekä suodosnäytesäiliöllä oleva venttiili V11.
- Avataan venttiilit V5, V6, V7, V8, V9, V10.
- Puhalletaan paineilmaa magneettiventtiilin V12 kautta.
- Näytejäämät kulkeutuvat paineilman mukana pois mittarista.

Laboratoriotiloihin rakennettu testauslaitteisto oli tämän kuvauksen kaltainen. Ainoa asia, jota jouduttiin simuloimaan, olivat linjoissa 1 ja 2 olevat näytteenottimet. Näytteenottimien tilalle oli rakennettava niitä mahdollisimman paljon muistuttavat laitteet, koska oikeita

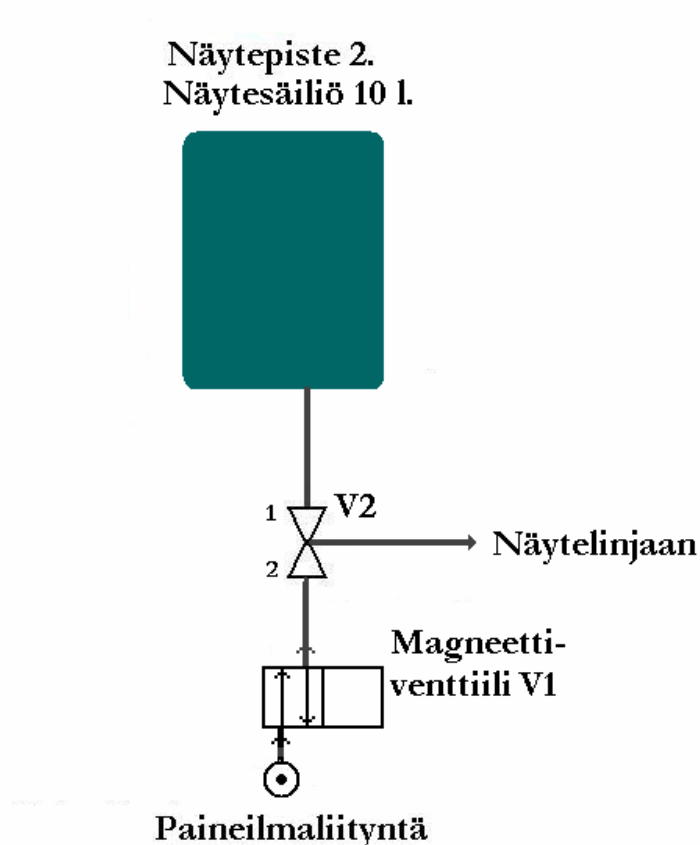
näytteenottimia ei voitu tässä tilanteessa käyttää. Näytteen mittarille ohjaavat venttiilit V5, V7 ja V9 on asennettava mahdollisimman lähelle mittakennoa. Testausympäristössä tuote-  
etäisyys oli n. 40 cm.

## 6 TESTAUSYMPÄRISTÖN TOTEUTUS

Tässä kohdassa esitetään tarkemmin, kuinka testausympäristö toteutettiin käytännössä, millaisia komponentteja rakentamiseen käytettiin sekä millaisia ongelmia laitteiston rakennusvaiheessa tuli eteen.

### 6.1 Näytteenottimet

Linjoihin 1 ja 2 oli rakennettava näytteenottimien tehtävää simuloivat laitteet. Kuva 7 esittää tämän osion piirroskaaviota. Näytteenotin tehtiin säiliöstä, joka asennettiin ylemmäs kuin itse mittari, joten sieltä voitiin valuttaa näytettä näytelinjaan. Näytteenottimen näytesäiliöksi valittiin 10 l:n muovisäiliö. Säiliössä oli kansi, josta se voitiin täyttää. Säiliön alaosaan asennettiin liitin 1/2"-letkua varten. Letkun toinen pää asennettiin 3-tieventtiiliin V2, jonka toiseen tuloon asennettiin liitin paineilmaletkulle. Paineilmaletkuun asennettiin magneettiventtiili V1, jolla paineilmaa voitiin annostella näytelinjaan. Venttiilin V2 lähtöön asennettiin liitin 1/2"-letkua varten. Näytesäiliöt asetettiin n. 1,5 m:n korkeuteen lattiatasosta. Säiliöt olisi periaatteessa pitänyt asettaa korkeammalle, että säiliön ja mittarin välille olisi saatu mahdollisimman suuri hydrostaattinen paine-ero. Testauslaboratorion olosuhteista ja käytännön ongelmista johtuen ei säiliötä saatu ylemmäksi.



Kuva 7. Näytteenotinta simuloiva osio

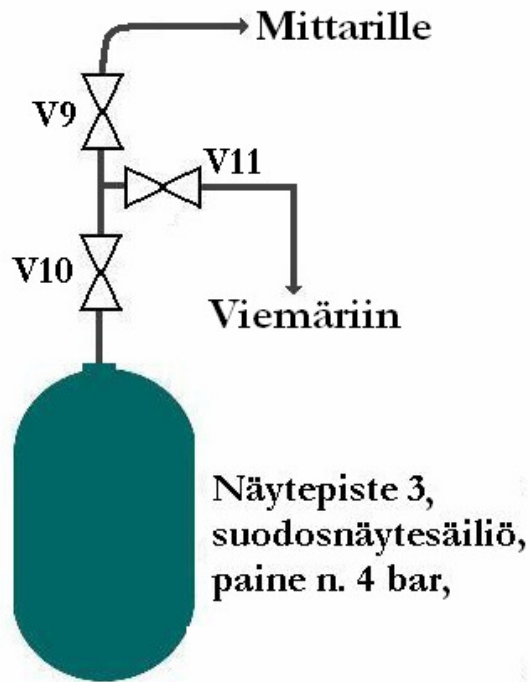
## 6.2 Näytelinjat

Näytelinjojen tarkoitus oli varastoida ja kuljettaa näyte halutusta näytepisteestä mittarille. Näytelinjat voivat tehtaalla olla jopa 50 m:n pituisia. Näytelinjat 1 ja 2 tehtiin 1/2"-putkesta. Linjojen pituus oli n. 42 m. Näytelinjat asetettiin kiepille lattiatasoon. Jos näytelinjat ovat liian ohuet tai paksut, voidaan ne testausympäristössä vaihtaa eripaksuiseen.

## 6.3 Suodosnäytesäiliö

Suodosnäytesäiliö on paineistettu säiliö, jossa on valmista suodosnäytettä. Näyte saadaan säiliöltä mittarille säiliön ja mittarin välisen paine-eron avulla, koska säiliössä on n. 4 bar paine ja mittarilla oleva paine on n. 1 bar. Suodosnäytesäiliön liittäminen mittarin putkistoihin on esitetty kuvassa 8.



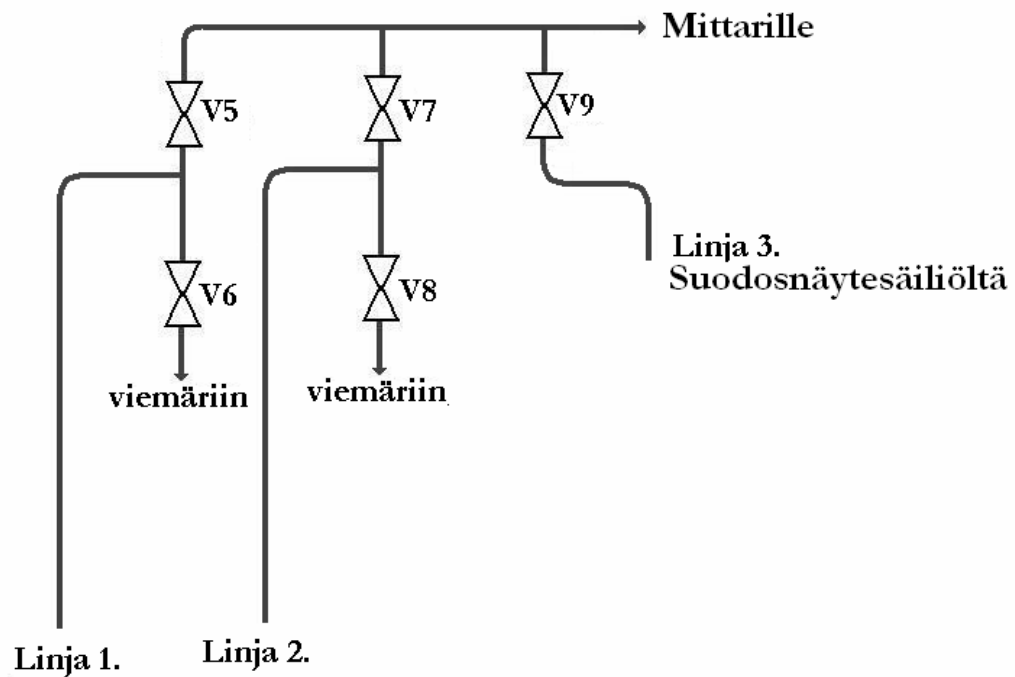


Kuva 8. Suodosnäytesäiliön periaatekuva

Kuvan 8 suodosnäytesäiliötä ei itse testausympäristöön asennettu, koska laitteistolla oli tarkoitus testata ainoastaan näytteen vaihtumista mittarilla sekä näytteen siirtymistä näytelinjasta mittarille. Näin ollen testauksiin katsottiin riittävän kaksi näytelinjaa. Testausympäristöön jätettiin venttiilit, joihin suodosnäytesäiliö olisi tarvittaessa helppo asentaa.

#### 6.4 Mittarinpuoleinen näytteenkäsittely

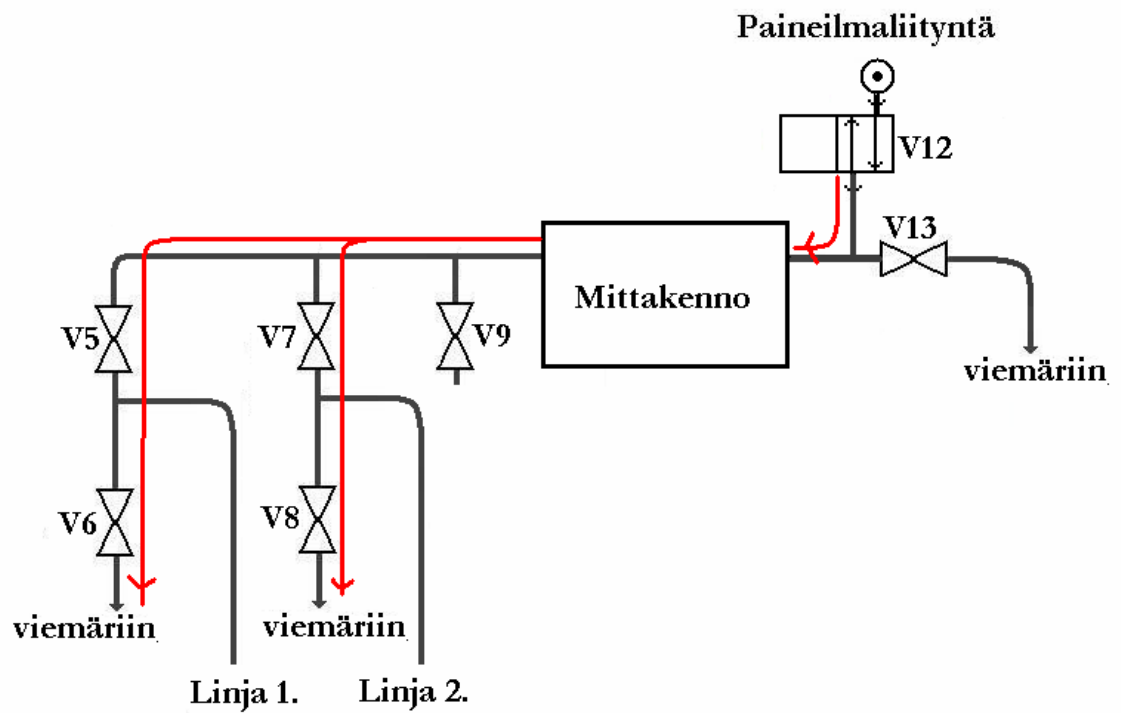
Tämän osion tarkoituksena on ohjata näyte mittarille kustakin linjasta vuorollaan. Kuva 9 esittää näytteen käsittelyn toteutusta. Näytelinjat 1 ja 2 ohjattiin joko mittarille tai viemäriin 2-tieventtiileillä V5, V6, V7 ja V8. Näytelinja 3:een asennettiin 2-tieventtiili V9, johon suodosnäytesäiliö voitaisiin tarvittaessa asentaa.



Kuva 9. Näytteen ohjaus mittarille

### 6.5 Mittarin paineilmahuuhtelun toteutus

Paineilmahuuhtelulla oli tarkoitus tyhjentää mittarin mittakenno kunkin näytteenoton jälkeen näytejäämistä. Laitteistoon oli lisättävä mittakennon paineilmahuuhtelua varten magneettiventtiili V12 (kuva 10). Tällä kokoonpanolla mittakenno sekä ennen mittakennoa olevat venttiilit saatiin puhallettua paineilmalla tyhjiksi näytteenottojen välissä. Kuva 10 esittää paineilmahuuhtelun toimintaperiaatetta. Kuvassa oleva punainen nuoli osoittaa paineilman kulkureitin mittaria huuhdeltaessa.



Kuva 10. Mittarin paineilmahuuhtelu

## 6.6 Venttiilien ohjaukset

Laitteistossa tarvittiin usean venttiilin yhtäaikaista ohjausta sekä ajastuksia, joten venttiileitä ohjattiin ohjelmoitavalla logiikkaohjaimella (PLC). Ohjaimena käytettiin Mitsubishiin valmistamaa AL-20MT-D-logiikkaohjainta (kuva 11). Ohjaimen ohjelmointiin käytettiin Mitsubishiin Alpha Programming -ohjelmointityökalua. Tietokoneella tehty ohjelma siirrettiin PLC-yksikköön tietokoneen sarjaportin kautta.

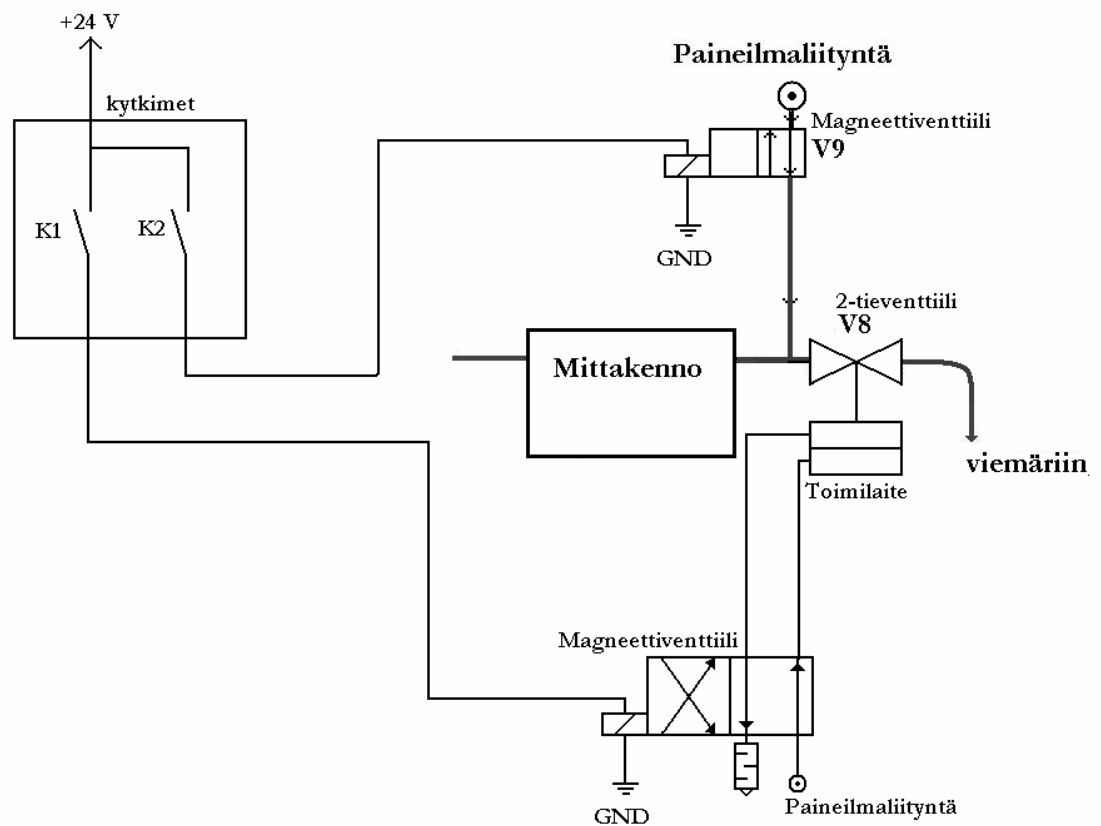


Kuva 11. Mitsubishi AL-20MT-D -logiikkaohjain [9.]

AL-20MT-D-logiikkaohjaimen tärkeimmät tekniset ominaisuudet:

- käyttöjännite 24 V
- 12 kpl 24 V:n tuloja
- 8 kpl transistorilähtöjä

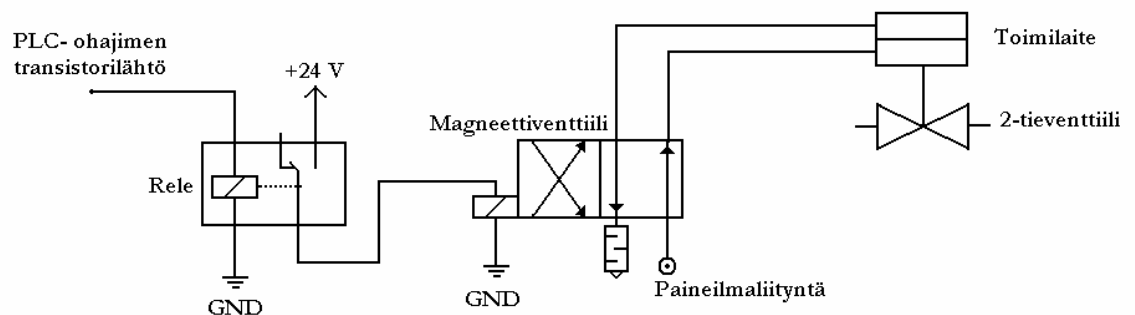
Laitteiston kaikkia venttiilejä ei voitu ohjata PLC-ohjaimella, koska siinä ei ollut riittävästi lähtöjä, eikä laitteistoa rakennettaessa ollut saatavilla ohjainta, jossa lähtöjä olisi ollut riittävästi. Testausympäristössä ohjattavia venttiilejä oli yhteensä kymmenen. Jos laitteistoon lisättäisiin suodosnäytesyliö, kasvaisi ohjaukseen tarvittavien lähtöjen määrä kolmeentoista. Koska lähtöjä ei ollut tarpeeksi, laitteistossa olevat paineilmahuuhteluun käytetyt venttiilit V8 ja V9 ohjattiin käsin kytkimillä K1 ja K2 (kuva 12).



Kuva 12. Paineilmahuuhteluun käytettyjen venttiilien käsin ohjauksen toteutus

PLC-ohjaimen transistorilähdöt eivät jaksaa ohjata magneettiventtiilien keloja, joten transistorilähdöillä ohjattiin erillisiä releitä, joiden avulla magneettiventtiilejä voitiin ohjata.

Magneettiventtiili ohjaa paineilmatoimilaitetta, joka ohjaa palloventtiiliä. Kuva 13 esittää, kuinka palloventtiilien ohjaus tapahtuu PLC-ohjaimella. Jokaiselle PLC-ohjaimella ohjattavalle palloventtiilille tehtiin samanlainen kytkentä.



Kuva 13. Palloventtiilin ohjaus PLC-ohjaimen transistorilähdöllä

## 7 TESTAUKSET

### 7.1 Näytteen siirto näytelinjasta mittarille

Näytteen siirto näytelinjasta mittarille on tärkeä mittarin toiminnan kannalta. Tehdasolosuhteissa näytelinjat voivat olla jopa 50 metrin pituisia ja monella mutkalla. Lisäksi näytelinjoissa voi olla kymmenien metrien korkeuseroja, joten ei voida suoraan sanoa, miten näyte linjoissa käyttäytyy. Laboratoriotilat, joissa testaukset suoritettiin, olivat rajalliset testin täydellisen suorittamisen kannalta. Suurimmat rajoitukset tulivat eteen näytelinjaan saatavien korkeuserojen vuoksi.

Näytteen siirtoa näytelinjasta mittarille oli testattava näytteen omalla paineella sekä siten, että sen siirtoa tehostettiin paineilmalla.

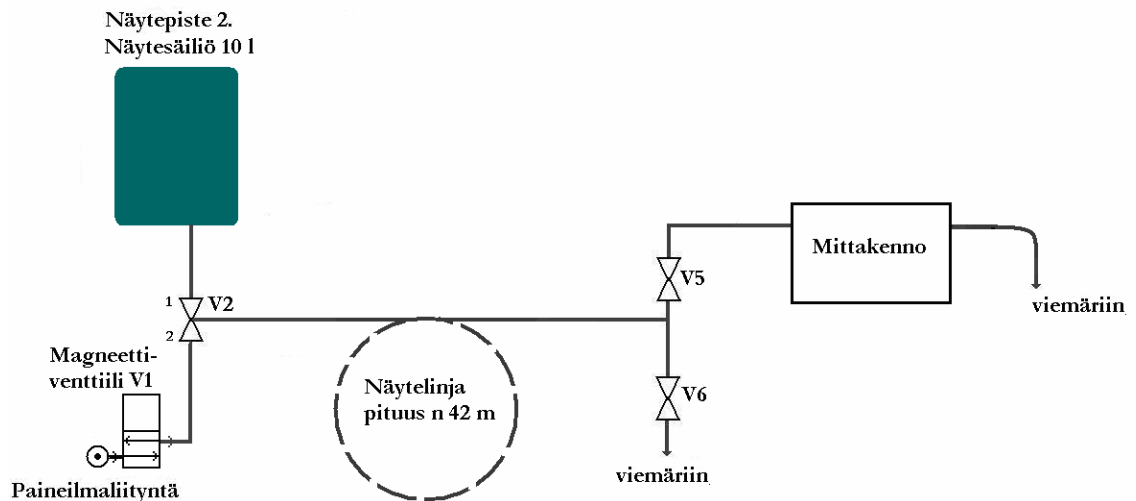
Voidaan sanoa, että näytteenotto on onnistunut silloin, kun näytelinjasta on saatu siirrettyä mittarin läpi tietty määrä näytettä.

#### 7.1.1 Siirto näytelinjan omalla paineella

Tässä testattiin näytteen siirtymistä näytelinjasta mittarille sen omalla paineella. Testissä käytettiin ainoastaan yhtä linjaa, jossa näytteen ohjaus näytelinjasta mittarille toteutettiin kahdella 2-tieventtiilillä V5 ja V6 (kuva 14). Testissä näytelinja asetettiin kiepille lattiatasoon.

Testausympäristön tiedot:

- Näytelinjan vahvuus oli 1/2".
- Näytelinjan pituus oli 42 m.
- Näytelinjan tilavuus oli 2,67 l.
- Näytesäiliö asetettiin 1,5 m:n korkeudelle näytelinjan alimpaan kohtaan verrattuna.
- Näytteenä käytettiin tavallista vesijohtoverkosta otettua kylmää vettä.



Kuva 14. Testausympäristö

Tehdasolosuhteissa tämänkaltaisessa tapauksessa suodosnäytteenottimelta valutettaisiin näytettä venttiilin V6 kautta viemäriin tai takaisin prosessiin. Kun näytelinjasta haluttaisiin näyte, suljettaisiin venttiili V6 ja avattaisiin venttiili V5. Nyt näyte virtaisi suodosnäytteenottimelta mittarin läpi.

Testi suoritettiin seuraavasti:

- Venttiili V6 asetettiin auki ja venttiili V5 kiinni. Näytelinjaan valutettiin näytesäiliöltä näytettä venttiilin V2 kautta niin kauan, kunnes linja oli täynnä.
- Kun linjasta otettiin näyte, suljettiin venttiili V6 ja avattiin venttiili V5.
- Näytteen olisi pitänyt lähteä valumaan mittarin läpi viemäriin.

Testissä todettiin, ettei näytesäiliöllä oleva hydrostaattinen paine riittänyt näytteen siirtoon näytelinjasta mittarin kautta viemäriin, vaan näytteen virtaus pysähtyi ennen mittaria. Testausolosuhteiden takia ei näytesäiliöitä saatu asennettua tarpeeksi ylös, jolloin näytteen valutus mittarin läpi olisi voinut onnistua paremmin.

Tehdasolosuhteissa tämänkaltaisen ratkaisu periaatteessa toimisi, koska suodosnäytteenottimella on suurempi paine kuin mittarin poistopuolella, joten näyte saataisiin valumaan mittarin läpi tämän paine-eron avulla. Tässä tapauksessa ei näytteenotto tapahtuisi kovin nopeasti, koska suodosnäytteenottimen näytteenantokyky on 50–150 ml/min.

Suodosnäytteenottimella 1 l:n ja  $\frac{1}{2}$  l:n näytemäärille näytteenottoajat olisivat seuraavan pituiset:

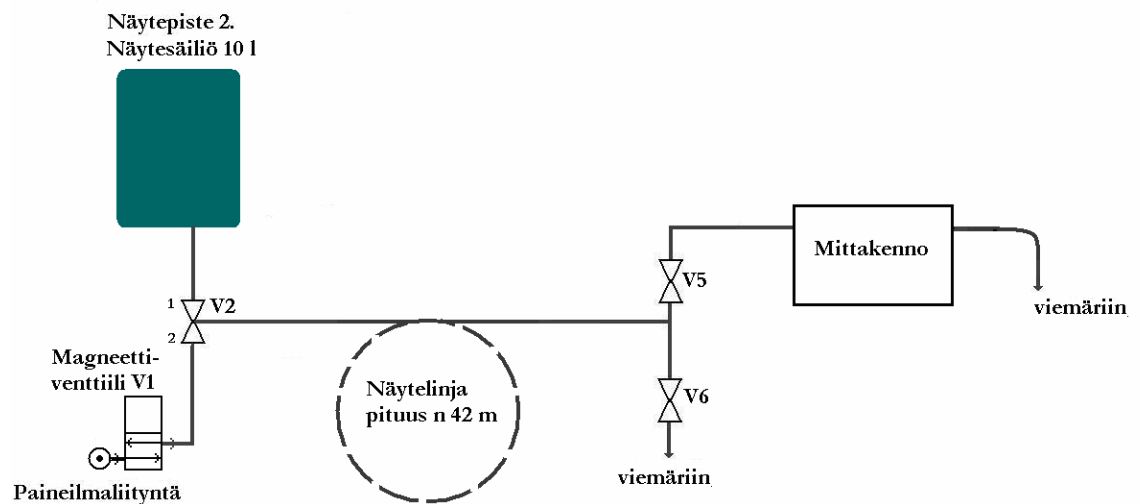
- 1 l uutta näytettä:      näytteenottoaika = 6,67–20 min.
- $\frac{1}{2}$  l uutta näytettä:      näytteenottoaika = 3,34–10 min.

### 7.1.2 Siirto paineilmalla puhaltaen

Mikäli näytteenottoa halutaan nopeammaksi, on sen virtausnopeutta kasvatettava. Testi suoritettiin samalla kokoonpanolla kuin edellinenkin, ainoastaan näytelinjan alkupäässä oleva magneettiventtiili V1 otettiin käyttöön (kuva 15). Testissä oleva näytelinja oli ensin kiepillä lattiatasossa, myöhemmin se aseteltiin kiemurtelemaan laboratoriotilan lattialle.

Testausympäristön tiedot:

- Näytelinjan vahvuus oli  $\frac{1}{2}$ ".
- Näytelinjan pituus oli 42 m.
- Näytelinjan tilavuus oli 2,67 l.
- Näytesäiliö asetettiin 1,5 m:n korkeudelle näytelinjan alimpaan kohtaan verrattuna.
- Näytteenä käytettiin tavallista vesijohtoverkosta otettua kylmää vettä.



Kuva 15. Testausympäristö.



Testi suoritettiin seuraavasti:

- Venttiili V6 asetettiin auki ja venttiili V5 kiinni. Näytelinjaan valutettiin näytesäiliöltä näytettä venttiilin V2 kautta niin kauan, kunnes linja oli täynnä.
- Kun linjasta otettiin näyte, suljettiin venttiili V6 ja avattiin venttiili V5. Venttiili V2 käännettiin siten, että se ohjasi magneettiventtiilin V1 näytelinjaan.
- Magneettiventtiilillä V1 puhallettiin paineilmaa näytelinjaan.

Kun magneettiventtiilillä V1 puhallettiin paineilmaa näytelinjaan, lähti näyte virtaamaan nopeasti mittarille. Paine oli n. 6–7 bar, joka on näytteen siirtoon liian suuri, koska näytelinja ja mittarin poistoletkut eivät enää pysyneet paikallaan. Liian suurella paineella puhallettaessa näytteenoton loppupäässä tulevat ilmakuplat tyhjentävät mittarin mittakennon.

Ongelmaksi osoittautui myös se, ettei liian nopeasti virtaavasta näytteestä saada Polaroxfi-(P):n johtokykymittauksella tarpeeksi montaa mittausta, koska mittari mittaa johtokyvyn n. 10 s:n välein.

Näyte oli siirtynyt näytelinjasta mittarille alle 20 s:n puhaltamisen jälkeen. Näytteen virtausnopeus oli saatava hidastettua näytteen vaihtumisen testausta varten. Tuossa testissä näytteenoton aikana olisi virtaavasta näytteestä saatava mahdollisimman monta mittausta, joiden perusteella voidaan määrittää, kuinka paljon näytettä on valutettava mittarin läpi, jotta näyte on kokonaan vaihtunut.

Paineilmaa oli rajoitettava, että näyte saadaan mittarille hallitummin. Työn määrittelyvaiheessa näytteen siirtoon käytettävän paineilman rajoitukseen päätettiin käyttää pulssitettua paineilmaa. Magneettiventtiilien ohjaus voidaan pulssittaa PLC-ohjaimlla, jolla pulssinleveydeksi saadaan vähintään 100 ms.

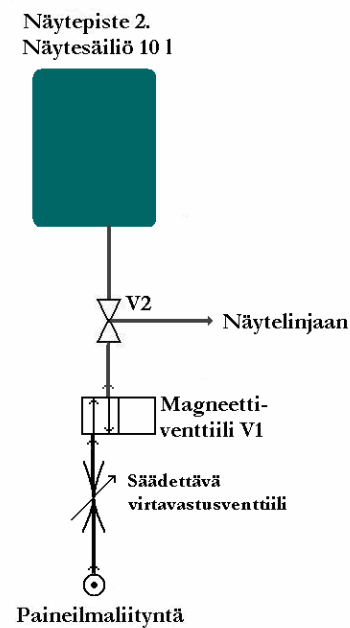
Testi suoritettiin uudelleen, ja tällä kertaa paineilmaa näytelinjaan puhaltava magneettiventtiili V1 puhalsi näytelinjaan 100 ms:n paineilmasykäyksiä 10 s:n välein. Näytteen virtaus oli edelleen voimakasta ja nykivää. Näyte oli tässäkin testissä siirtynyt näytelinjasta mittarille n. 20 s:n aikana. Lisäksi näytelinjoihin kohdistui voimakasta räsitusta, mutta se saataisiin tehdasolosuhteissa pienennettyä tukemalla näytelinjat kunnolla.

Jos paineilmapulssien leveyttä saataisiin pienennettyä alle 100 ms:in, voitaisiin näyte saada mittarille hallitummin. Valmiin mittarin ohjauselektronikalla pulssien pienentäminen onnistuu. Tehdasolosuhteissa näytteen nykivä siirtyminen ei haittaa, koska lopullisessa

ratkaisussa ei mittauksia tehdä virtaavasta näytteestä, vaan vasta sen jälkeen, kun näytelinjasta on otettu näyte mittarille ja se on pysäytetty.

PLC-ohjain ei kyennyt antamaan lyhyempiä pulsseja kuin 100 ms, joten testausympäristöön oli saatava jokin muu ratkaisu rajoittamaan paineilmaa.

Magneettiventtiilin V1 paineilmatuloon asennettiin virtavastusventtiili, jolla puhallettavan paineilman paine saatiin säädettyä (kuva 16).



Kuva 16. Magneettiventtiilin tuloilmanpainetta rajoittava virtavastusventtiili

Tällä kokoonpanolla näyte saatiin mittarille hallitusti ja tasaisesti. Paineilman puhalluspaineeksi säädettiin alle  $\frac{1}{2}$  bar.

Tällä puhalluspaineella näytteen siirto onnistui seuraavasti:

- Siirrettävä matka oli 42 m.
- Aikaa tämän pituisen linjan tyhjentämiseen kului 50 s.
- Siirtonopeus oli n. 53,4 ml/s.

Sama testi suoritettiin myös 1 barin paineella, jolloin siirto onnistui seuraavasti:

- Aikaa kului 42 metrin pituisen näytelinjan tyhjentämiseen 25 s.
- Siirtonopeus oli n. 108 ml/s.

Siirtonopeus on säädettävissä virtavastusventtiilillä tilanteen mukaan.

Tällä järjestelmällä virtausnopeuden tarkka määrittäminen tehdasolosuhteissa voi olla hankalaa, koska näytteen virtaukseen voivat vaikuttaa mm. paine, joka vaikuttaa mittarin poistopuolella, sekä näytelinjojen pituus ja asento. Lisäksi virtavastusventtiilin säätämistä varten on asentajan mentävä näytteenottimen luokse, eikä näytteen virtausta voida säätää mittarilta käsin asetuksia muuttamalla.

Tehdasolosuhteissa näytelinjat voivat olla missä asennossa tahansa ja linjoissa voi olla suuria korkeuseroja. Näytelinjat piti saada tilanteeseen, jossa ne voisivat tehdasolosuhteissa olla. Kokoonpanoa muutettiin siten, että näytelinja aseteltiin kiemurtelemaan lattialle ja linjan keskivaihe nostettiin n. 2 m:n korkeudelle lattiatasosta. Tässä tapauksessa ei näytteen syöttöön voitu käyttää näytesäiliöitä, koska ne olivat vain 1,5 m:n korkeudella, joten näytelinjan näytteenottimen puoleinen pää asetettiin suoraan vesijohtoverkkoon ja vesihanaa avattiin sen verran, että linja alkoi täyttyä pikkuhiljaa.

Näytteesiirto onnistui myös tässä tapauksessa aivan samalla tavalla kuin edelläkin, eli näyte virtasi yhtenä tulppana mittarille asti. Laboratoriotilan rajoituksien vuoksi näytelinjaa ei saatu asetettua siten, kuin se tehdasolosuhteissa voisi olla, eli siihen ei saatu tarpeeksi korkeuseroa, jolla voi olla vaikutusta näytteen siirtoon.

Testissä todettiin, että tämänkaltaisessa ympäristössä näyte siirtyy näytelinjasta mittarille hyvin ja sen siirtonopeutta voidaan muuttaa lisäämällä tai vähentämällä näytteen siirtoon käytetyn paineilman painetta. Testissä todettiin myös, että näytelinjoihin jää jonkin verran ilmakuplia, jotka tulevat sieltä näytteen mukana mittarille. Polarosfi-(P):n mittakenno on suunniteltu siten, etteivät ilmakuplat häiritse mittauksia.

## 7.2 Näytteen vaihtuminen mittarin mittakennossa

Mittarissa on vain yksi näyteastia, jolla jokaisen linjan näyte pitäisi pystyä mittaamaan erikseen. Näytteen nopea vaihtuminen mittarin mittakennossa on siis tärkeää. Näyteastian sekä mittariin jääneet näytejäämät voivat aiheuttaa mittauksiin virhettä. Kun näyte siirretään näytelinjasta mittarille paineilmalla, ei näytettä saada kuin rajoitettu määrä kerrallaan, koska paineilmalla siirrettäessä on näytteenotin suljettava näytteenoton ajaksi ja mittarille on

siirrettävissä ainoastaan se määrä näytettä, joka on näytelinjassa. Oli siis selvitettävä, paljonko uutta näytettä mittarin läpi on juoksutettava ja onko mittariin tarpeen asentaa paineilmahuuhtelu, jolla mittari huuhdellaan näytteenottojen välissä. Testissä selvitettiin myös, onko paineilmahuuhtelulla vaikutusta näytteen vaihtumisen nopeuteen.

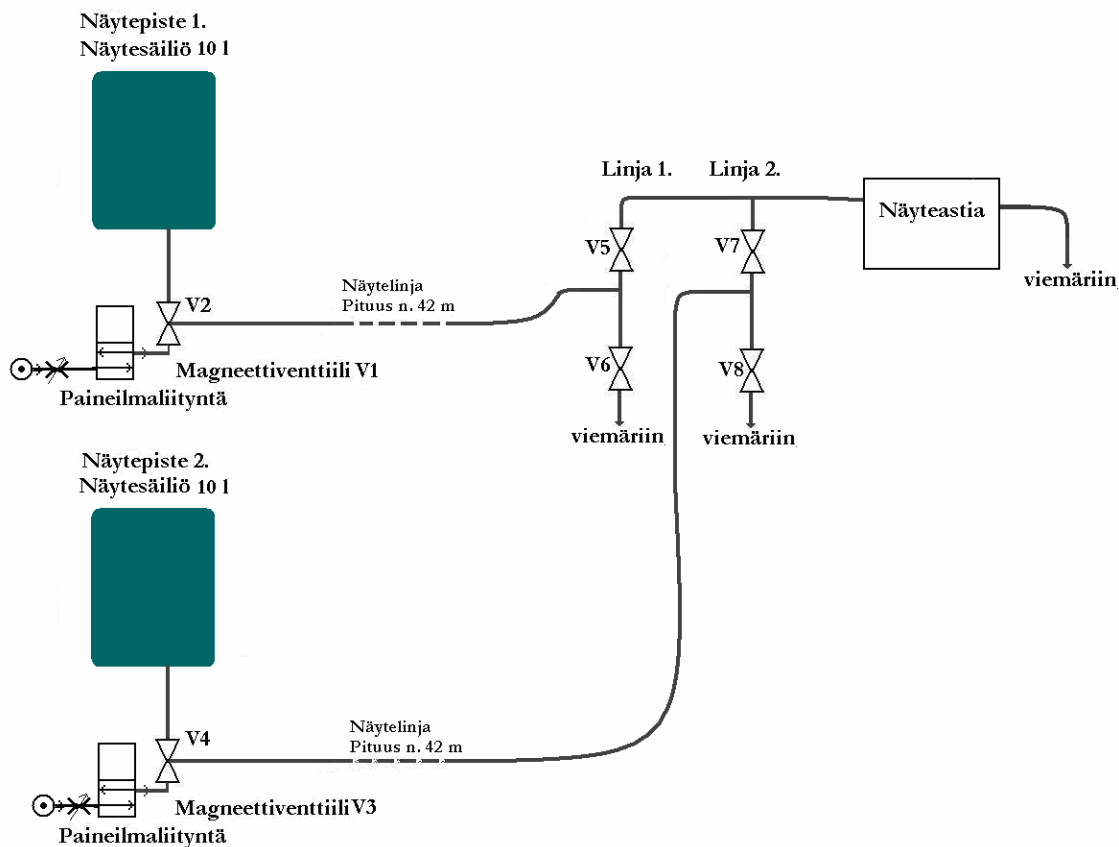
#### 7.2.1 Ilman mittarin paineilmahuuhtelua

Tässä testissä testattiin, kuinka nopeasti näyte vaihtuu Polaroxfi-(P):n mittakennossa ilman, että sitä huuhdeltiin paineilmalla näytteenottojen välissä. Näytteenottosykli tapahtui siten, että näyte ajettiin mittarille vuorollaan kummastakin linjasta.

Testausympäristön tiedot:

- Testissä käytettiin kahta näytelinjaa.
- Näytelinjojen pituudet olivat n. 42 m.
- Näytteenottoaika oli n. 60 s.
- Näytteesiirtonopeus oli n. 45 ml/s.

Kuva 17 esittää testissä käytetyn testausympäristön periaatekuvaa.



Kuva 17. Näytteen vaihtumisen testaukseen käytetty testausympäristö

Näytteinä käytettiin kahta täysin erilaisen johtokyvyn omaavaa nestettä.

- Näytepiste 1: Deionisoitu vesi, jossa suolaa n. 0,276 g/l.
- Näytepiste 2: Puhdas deionisoitu vesi.

Näytteiden vaihtumista tarkkailtiin mittakennoon asennetun johtokykyanturin avulla. Kummankin nesteen johtokyky mitattiin ennen testin aloittamista. Kajaani Polaroxfi-(P):n mittakenno puhdistettiin huolellisesti, ja sinne laitettiin kumpaakin näytteenä käytettyä nestettä vuorollaan.

Nesteiden johtokykylukemat olivat mittarin mukaan seuraavat:

- Deionisoitu vesi, jossa suolaa 0,276 g/l:  $\gamma = 680 \text{ mS/m}$
- Puhdas deionisoitu vesi:  $\gamma = 0 \text{ mS/m}$

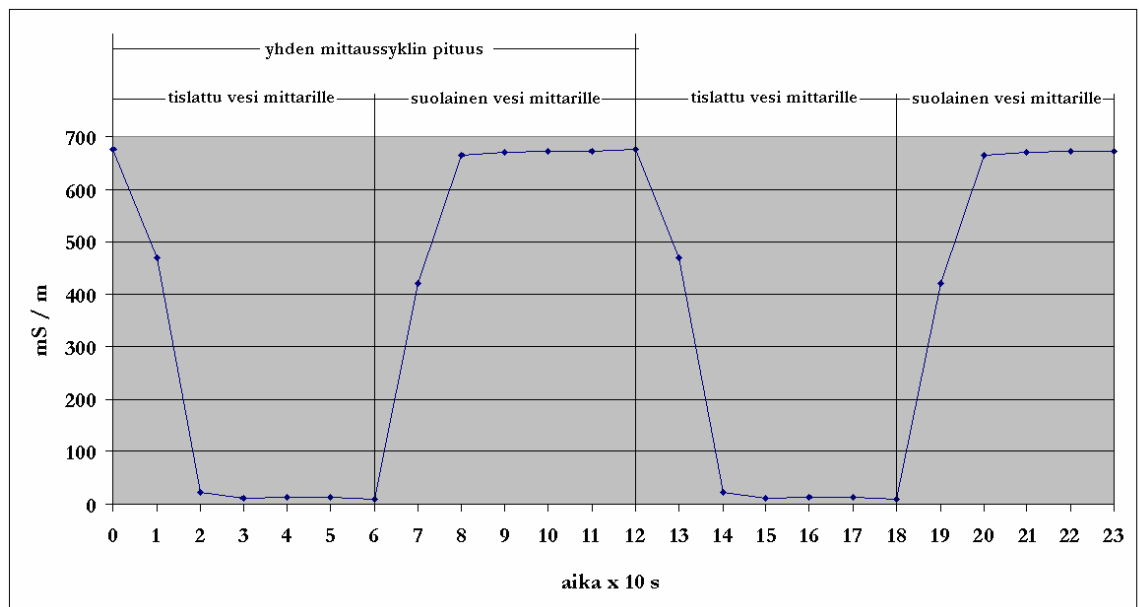
Mittarin antamat johtokykylukemat eivät välttämättä pidä aivan tarkalleen paikkaansa, koska mittarin johtokykyanturin kennovakiota ei tunneta, eikä mittarin johtokykymittausta ole kalibroitu. Johtokykymittauksella oli tarkoitus tunnistaa, milloin neste on vaihtunut toiseen.

Tarkoilla johtokykyarvoilla ei siis ollut merkitystä, kun mittaustuloksista pääteltiin näytteen vaihtumista mittakennossa.

Mittaussykli oli seuraava:

- Otettiin näyte linjasta 2, jossa puhdas deionisoitu vesi.
- Otettiin näyte linjasta 1, jossa suolainen deionisoitu vesi.

Jokaisen näytteenoton aikana luettiin 6 kpl mittarin antamia johtokykylukemia n. 10 s:n välein. Mittaussykliä toistettiin peräkkäin yhteensä 8 kertaa. Näiden kahdeksan mittaussyklin johtokykylukemista laskettiin keskiarvo, josta piirrettiin kuvaaja (kuva 18). Kuvaajaan on piirretty mittaussykliä keskiarvo kaksi kertaa peräkkäin.



Kuva 18. Kuvaaja näytteen vaihtumisesta mittarin mittakennossa näytteenottonopeudella 45 ml/s

Kuvaajasta voidaan päätellä aika, jona näyte on vaihtunut mittarin mittakennossa. Kun tiedetään näytteen virtausnopeus, joka oli 45 ml/s, voidaan selvittää, kuinka paljon näytettä on vähintään mittarin läpi valutettava, jotta näyte on vaihtunut kokonaan.

- Näyte on vaihtunut kokonaan mittakennossa n. 20 s näytteenoton alettua, kun käytettiin virtausnopeutta 45 ml/s.
- Tuona aikana mittarin läpi on juoksutettu näytettä n.  $45 \text{ ml/s} \cdot 20 \text{ s} = 0,9 \text{ l}$ .

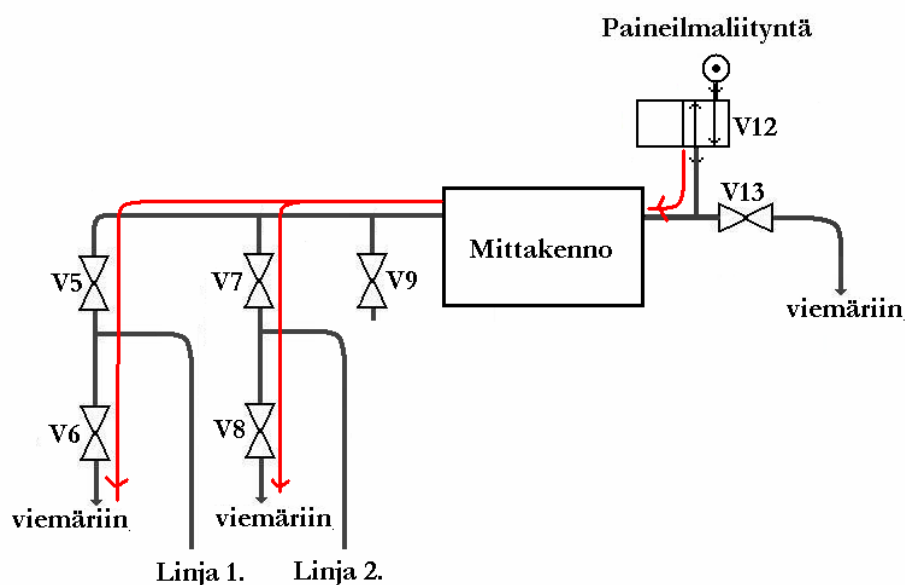
Testissä selvisi, että jokaisella näytteenotolla on mittarin läpi ajettava uutta näytettä vähintään 0,9 l, ennen kuin näyte voidaan pysäyttää ja analysoida.

Näytelinjoja käytetään ”varastona” näytteelle, ja ½"-vahvuiseen näytelinjaan mahtuu näytettä 0,063 l/m. Näytelinjojen minimipituuden on siis tämänkaltaisessa järjestelmässä oltava vähintään 15,87 m mutta mielellään enemmän, koska näytelinjoihin voi jäädä ilmakuplia. Tämän takia mittarin lähellä olevilta näytepisteiltä tulevat näytelinjat jouduttaisiin laittamaan kiepille. Näytteenottosykliä hidastaa myös aika, joka näytteenottimilla menee näytelinjojen täyttämiseen. Mitä pitempi näytelinja, sitä pidempään kestää sen täyttyminen!

### 7.2.2 Paineilmahuuhtelua käyttäen

Edellisessä testissä todettiin, että näyte vaihtuu mittarin mittakennoissa ilman näytteenottojen välissä tehtävää paineilmahuuhtelua. Ilman paineilmahuuhtelua mittarin läpi oli ajettava uutta näytettä n. 1 l, ennen kuin siitä saatiin luotettavia mittaustuloksia. Paineilmahuuhtelulla voitaisiin tuota näytemäärää saada pienennettyä.

Laitteistoon asennettu paineilmahuuhteluun käytettävä magneettiventtiili V12 otettiin nyt käyttöön (kuva 19). Kuvassa on myös nähtävissä paineilmahuuhtelun toimintaperiaate. Punainen nuoli osoittaa huuhtelureitin.



Kuva 19. Paineilmahuuhtelun toimintaperiaate sekä siihen käytetty magneettiventtiili V12

Koska laitteiston toiminta päätettiin testata käyttäen paineilmahuuhtelua, oli ensin selvitettävä visuaalisesti, kuinka mittari tyhjenee näytejäämistä paineilmahuuhtelun avulla.

Näyteastia sekä mittari täytettiin vedellä, jonka jälkeen laitteistoa huuhdeltiin 6–7 barin paineella n. 20 s:n ajan (kuva 19).

Havainnot:

- Mittakenno tyhjeni lähes kokonaan, ja kennon pohjalle jäi 1–2 mm:n paksuinen nestekerros.
- Ennen mittaria oleviin putkiin ja venttiileihin jäi pieniä nestejämiä.

Testin jälkeen mittari täytettiin uudelleen vedellä, jonka jälkeen sitä huuhdeltiin kuten edellä, mutta tällä kertaa 60 s:n ajan.

Havainnot:

- Mittakennon pohjalle jäi edelleen ohut nestekerros.
- Ennen mittaria olevat putket olivat tällä kertaa kuivemmat.

Paineilmahuuhtelu auttaa tyhjentämään mittarin mittakennon ja sitä edeltävät putket suurimmista näytejäämistä. Testissä ei kuitenkaan saatu täyttä selvyyttä siitä, miten mittarin sisällä olevat muut onkalot tyhjenevät, kuten ennen mittakennoa oleva pH-mittauskammio. Testin perusteella huuhteluajaksi riittää 20–40 s.

Seuraavaksi testattiin, onko näytteenottojen välissä tehtävällä paineilmahuuhtelujaksolla merkitystä näytteen vaihtumisen nopeuteen.

Testausympäristön tiedot:

- Testissä käytettiin kahta näytelinjaa.
- Näytelinjojen pituudet olivat n. 42 m.
- Näytteenottoaika oli n. 50 s.
- Näytteen siirtonopeus oli n. 54 ml/s.
- Näytteenottojen välissä tehtävän paineilmahuuhtelun pituus 50 s.



Testissä näyttein käytettyjen nesteiden johtokykyarvot olivat mittarin mukaan seuraavat:

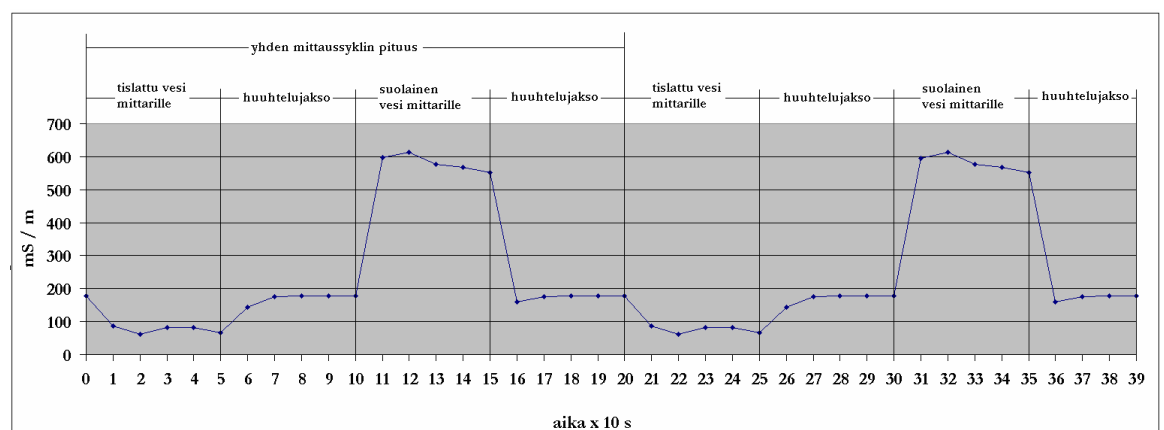
- Deionisoitu vesi, jossa suolaa 0,276 g/l:  $\gamma=550 \text{ mS/m}$
- Puhdas deionisoitu vesi:  $\gamma=88 \text{ mS/m}$
- Kun mittakenno oli tyhjillään:  $\gamma=172 \text{ mS/m}$

Mittaustuloksista kannattaa huomioida tyhjälle näyteastialle saatu johtokykyarvo, joka on suurempi kuin puhtaalle deionisoidulle vedelle. Tämä voi johtua siitä, että johtokykyanturi on suunniteltu ainoastaan nesteiden johtokykyjen mittaukseen, ja kun se asetetaan ”ilmaan”, on sen antama lukema virheellinen. Periaatteessa tyhjän näyteastian johtokykyarvon pitäisi näyttää nollaa. Tässä testissä näyteastia todetaan tyhjäksi silloin, kun johtokykymittaus antaa arvon, joka on mahdollisimman lähellä arvoa 172 mS/m.

Mittaus sykli oli seuraava:

- Otettiin näyte linjasta 2, jossa puhdasta deionisoitua vettä.
- Suoritettiin 50 s:n paineilmahuuhtelujakso.
- Otettiin näyte linjasta 1, jossa suolaa sisältävää deionisoitua vettä.
- Suoritettiin 50 s:n paineilmahuuhtelujakso.

Mittaus sykli suoritettiin peräkkäin 6 kertaa. Mittauksia otettiin koko testin ajan myös huuhtelujaksolla. Näiden kuuden mittaus syklin tuloksista laskettiin keskiarvo, josta piirrettiin kuvaaja (kuva 20). Kuvaajaan on piirretty mittaus syklien keskiarvo kaksi kertaa peräkkäin.



Kuva 20. Kuvaaja esittää näytteen vaihtumista mittarin mittakennoissa näytteenottonopeudella 54 ml/s. Näytteenottojen välissä suoritettiin paineilmahuuhtelu

Kuvan 20 kuvaajasta voidaan päätellä, kuinka nopeasti mittarin mittakenno saadaan paineilmahuuhtelulla tyhjennettyä. Kuvaajasta selviää myös, minkä verran huuhtelun jälkeen on uutta näytettä mittarin läpi valutettava, ennen kuin mittaustulokset ovat luotettavia.

- Näyteastia on tyhjentynyt johtokykymittauksen mukaan n. 20 s paineilmahuuhtelun jälkeen.
- Paineilmahuuhtelun jälkeen on mittarin läpi valutettava uutta näytettä n. 10 s:n ajan, ennen kuin saadaan luotettavia tuloksia.
- Tuona aikana mittarin läpi on valunut uutta näytettä  $n. 10 \text{ s} * 54 \text{ ml/s} = 0,54 \text{ l}$ .

Näytteenottojen välissä suoritettava paineilmahuuhtelujakso lyhentää näytteenottosykliä, koska paineilmahuuhtelun jälkeen ei mittarin läpi tarvitse valuttaa näytettä kuin vähintään 0,6 l. Tämän ansiosta laitteiston näytelinjat voisivat olla minimissään 8,5 m pitkät.

Mittarin läpi ei välttämättä tarvitse ajaa näin paljoa näytettä ennen kuin mittauksia voidaan tehdä luotettavasti, koska testissä saatiin mittauksia otettua n. 10 s:n välein, eikä näytteenottoa saatu hitaammaksi. Jos mittauksia olisi saatu otettua virtaavasta näytteestä useampia, olisi näytteen vaihtuminen mittarin mittakennossa saatu määritettyä tarkemmin.

Paineilmahuuhtelu pidentää mittaussykliä, mutta sen ansiosta mittarin läpi valutettavan näytteen määrää saadaan pienennettyä.

Kun mittari huuhdellaan paineilmalla jokaisen näytteenoton jälkeen, riittää mittarin läpi ajettavaksi näytemääräksi lähes puolet siitä, mikä ilman huuhtelua tehdyssä laitteistossa. Mittarin ei siis tarvitse odottaa niin kauaa näytelinjojen uudelleen täyttymistä ja näytteenottoja voidaan tehdä tiheämmin.

## 8 TULOSTEN TARKASTELU

### 8.1 Näytteen siirto näytelinjasta mittarille

Näytteen siirtoa näytelinjasta mittarille testattiin kahdella eri menetelmällä:

- näytelinjan omalla paineella
- paineilmalla avustaen.

Näytettä ei testausolosuhteissa saatu mittarille näytelinjan omalla paineella. Tehdasympäristössä näyte voitaisiin saada mittarille, mikäli näytelinjassa on suurempi paine kuin mittarin poistopuolella. Tässä tapauksessa näytteenottonopeus on sama kuin näytteenottimen näytteenottonopeus.

Näytteen siirtonopeutta voidaan lisätä paineilmalla, mutta se on rajoitettava siten, että näytteenoton loppupäässä tulevat ilmakuplat eivät tyhjennä mittarin mittakennoa. Paineilman rajoitus voidaan toteuttaa pulssittamalla näytelinjaan ilmaa puhaltavan venttiilin ohjaus. Näin saadaan näytteen siirtonopeuksia muuteltua mittarilta käsin muuttamalla pulssin leveyttä.

Jos näytteen siirtoon käytetään pulssitettua paineilmaa, on näytelinjat tuettava huolellisesti, koska pulssitus aiheuttaa linjoihin räsistystä.

Testausympäristössä näytteen siirtoon käytettyä paineilmaa rajoitettiin virtavastusventtiilillä. Se ei tehdasolosuhteissa ole hyvä ratkaisu, koska se vaatisi erillistä säätämistä ympäristön mukaan ja näytteen virtausnopeudet vaihtelisivat riippuen mittarin poistopuolella olevasta paineesta ja näytelinjojen asennosta.

### 8.2 Näytteen vaihtuminen mittarilla

Näytteen vaihtuminen mittarin mittakennossa on tärkeä osa koko mittarin toimintaa. Mitä nopeammin näyte vaihtuu mittakennossa, sitä nopeammin mittarilla saadaan mittaustuloksia uudesta näytteestä.

Näytteen vaihtumista mittarin mittakennossa testattiin kahdella tavalla. Ensimmäisessä testissä näytteitä otettiin molemmista linjoista vuorotellen toisensa perään. Toinen testi oli muuten samanlainen, mutta mittari huuhdeltiin paineilmalla jokaisen näytteenoton jälkeen.

Ilman mittarin paineilmahuuhtelua havaittiin seuraavaa:

- Jos näytelinjoja ei huuhdella paineilmalla näytteenottojen välissä, on jokaisella näytteenotolla ajettava näytettä mittarin läpi n. 1 l, ennen kuin siitä voidaan ottaa luotettavia mittaustuloksia. Näytelinjoihin on siis mahduttava näytettä vähintään 1 l.
- ½"-vahvuisten näytelinjojen minimipituus tässä laitteistossa olisi n. 16 m mutta mielellään enemmän, koska näytteen seassa voi olla ilmakuplia.

Paineilmahuuhtelua käyttäen havaittiin seuraavaa:

- Kun näytteenottojen väliin lisättiin paineilmahuuhtelujakso, saatiin näytteenottoaikaa lyhennettyä huomattavasti. Huuhtelujakson pituudeksi riittää 6–7 barin paineella 20 s.
- Testin perusteella mittarin läpi tarvitsi ajaa uutta näytettä n. 0,6 l. Tämän ansiosta laitteistossa voitaisiin käyttää tarvittaessa lyhyempiä näytelinjoja. ½"-paksuisien näytelinjojen minimipituus olisi 8,5 m.

Paineilmahuuhtelu pidentää mittaussykliä, mutta sen ansiosta mittarin läpi valutettavan näytteen määrää saadaan pienennettyä. Tässä tilanteessa mittarin läpi ajettavaksi näytemääräksi riittää lähes puolet vähemmän kuin ilman huuhtelua tehdyssä laitteistossa, eikä myöskään näytteenottimen tarvitse ottaa näytelinjaan niin paljoa näytettä. Tämä nopeuttaa näytteenottovälejä merkittävästi, eli mittarin ei tarvitse odottaa niin pitkään linjojen uudelleen täyttymistä.

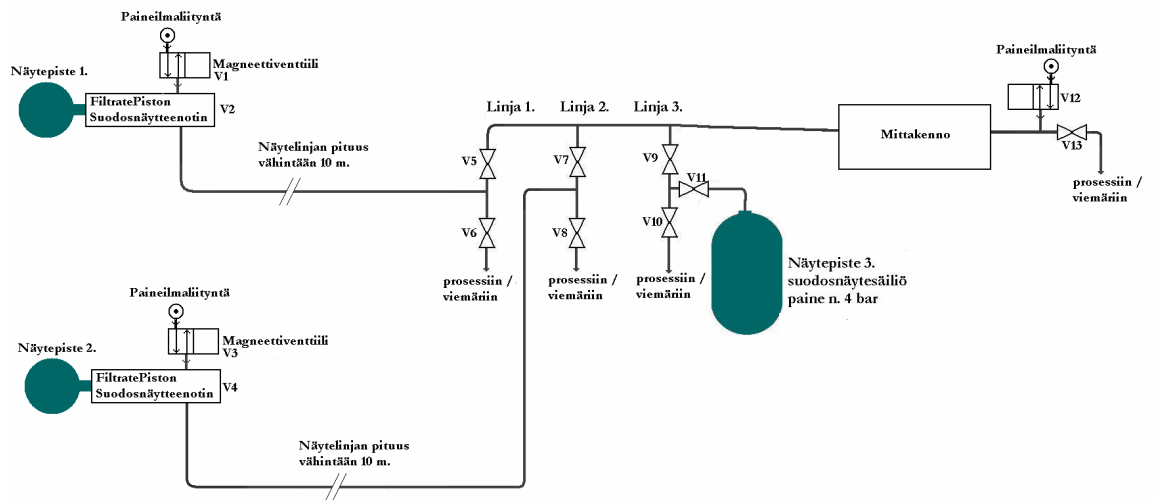
### 8.3 Toimiva ratkaisu

Testin perusteella tehtäälle rakennettavan laitteiston tulisi olla seuraavan kuvauksen kaltainen:

- Mittarissa on oltava venttiilien ja näytteenottimien ohjaukseen käytettäviä binäärilähtöjä yhteensä 13 kpl.
- Näytteenottonopeutta lisätään puhaltamalla näytelinjaan paineilmaa.
- Näytteenottonopeutta säädetään pulssittamalla näytelinjaan painetta puhaltavan magneettiventtiilin ohjaus.
- Mittari huuhdellaan paineilmalla jokaisen näytteenoton jälkeen.
- ½"-vahvuisten näytelinjojen vähimmäispituus on oltava yli 10 m.
- Kun näytettä otetaan suodosnäytesäiliöltä, voi näytteenottoaika olla lyhyempi, koska suodosnäytesäiliöllä on n. 3–4 barin paine mittarin poistopuoleen verrattuna.

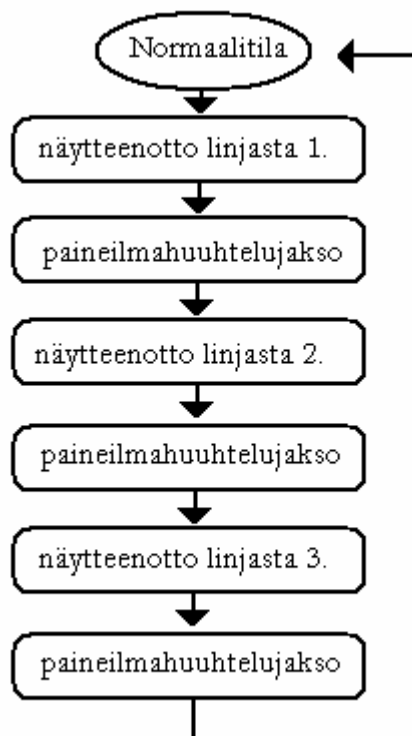
Testaustulosten ja johtopäätösten perusteella parhaiten toimiva monilinjaisen kemikaalijäännösmittarin näytteenkäsittelyn lohkokaaviokuva on esitetty kuvassa 21.

- Kuvassa 21 olevien venttiilien V6, V8 ja V10 sekä mittarin poistopää asetetaan viemäriin, mutta jos mahdollista, ne voidaan asettaa valumaan takaisin prosessiin.



Kuva 21. Kemikaalijäännösmittarin näytteenkäsittely

Kuvan 21 laitteistolla tehtävä näytteenottosyklin toiminnallinen vuokaavio on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Näytteenottosyklin vuokaavio

Kun näytteenottosykli on suoritettu kuten edellä, palaa mittari normaalitilaan odottamaan näytelinjojen uudelleen täyttymistä. Tässä vaiheessa voi mittari suorittaa esim. mittaalektrodien puhdistusjakson ja muita tarvittavia rutiineja.

Alla on esitetty tarkemmin, miten laitteistoa ohjataan edellä olevan näytteenottosyklin aikana:

Normaali tila, kun näytettä ei oteta mistään linjasta:

- Venttiilit V5, V7, V9, V11 ja V13 ovat kiinni sekä magneettiventtiilit V1, V3 ja V12 ovat kiinni.
- Venttiilit V6, V8, V10 ovat auki.
- Molemmat näytteenottimet V2 ja V4 ovat auki.
- Näytteenottimien annetaan valuttaa näytelinjoihin näytettä venttiilien V6 ja V8 kautta takaisin viemäriin tai prosessiin. Näytelinja 3:ssa oleva venttiili V10 ohjaa suodosnäytesäiliöltä mahdollisesti tulevat vuodot pois, etteivät ne pääsisi sekoittumaan mittarille.

Näytteenotto linjasta 1:

- Suljetaan näytepisteessä 1 oleva näytteenotin V2.
- Avataan mittarin jälkeen oleva venttiili V13.
- Suljetaan venttiili V6.
- Avataan venttiili V5.
- Puhalletaan näytelinjaan pulssitettua paineilmaa magneettiventtiilillä V1 (näyte virtaa mittarin läpi).
- Suljetaan mittarin jälkeen oleva venttiili V13.
- Analysoidaan näyte mittakennossa.

Mittarin paineilmahuuhtelujakso:

- Suljetaan molemmat näytteenottimet.
- Avataan venttiilit V5, V6, V7, V8, V9 ja V10.
- Suljetaan venttiilit V11 ja V13.
- Puhalletaan paineilmaa magneettiventtiilillä V12 mittarin ja venttiilien V5, V6, V7, V8, V9 ja V10 läpi.
- Suljetaan venttiilit V5, V7 ja V9.

- Venttiilit V6, V8 ja V10 jätetään auki.
- Avataan näytteenottimet.

Näytteenotto linjasta 2:

- Suljetaan näytepisteessä 2 oleva näytteenotin V4.
- Avataan näytteenottimen jälkeen oleva venttiili V13.
- Suljetaan venttiili V8.
- Avataan venttiili V7.
- Puhalletaan näytelinjaan pulssitettua paineilmaa magneettiventtiilillä V3 (näyte virtaa mittarin läpi).
- Suljetaan mittarin jälkeen oleva venttiili V13.
- Analysoidaan näyte mittarissa.

Mittarin paineilmahuuhtelujakso:

- Suljetaan molemmat näytteenottimet.
- Avataan venttiilit V5, V6, V7, V8, V9 ja V10.
- Suljetaan venttiilit V11 ja V13.
- Puhalletaan paineilmaa magneettiventtiilillä V12 mittarin ja venttiilien V5, V6, V7, V8, V9 ja V10 läpi.
- Suljetaan venttiilit V5, V7 ja V9.
- Venttiilit V6, V8 ja V10 jätetään auki.
- Avataan näytteenottimet.

Näytteenotto linjasta 3:

- Avataan näytteenottimen jälkeen oleva venttiili V11.
- Suljetaan venttiili V10.
- Avataan venttiilit V9 ja V11.
- Annetaan näytteen virrata näytesäiliössä olevan paineen avulla mittarin läpi.
- Suljetaan venttiilit V9 ja V11.
- Avataan venttiili V10.
- Analysoidaan näyte mittarissa.



Mittarin paineilmahuuhtelujakso:

- Suljetaan molemmat näytteenottimet.
- Avataan venttiilit V5, V6, V7, V8, V9 ja V10.
- Suljetaan venttiilit V11 ja V13.
- Puhalletaan paineilmaa magneettiventtiilillä V12 mittarin ja venttiilien V5, V6, V7, V8, V9 ja V10 läpi.
- Suljetaan venttiilit V5, V7 ja V9.
- Venttiilit V6, V8 ja V10 jätetään auki.
- Avataan näytteenottimet.

Kun näytteenottosykli on ajettu läpi, palaa laitteisto normaalitilaan odottamaan näytelinjojen uudelleen täyttymistä. Mikäli näytettä ei haluta ottaa suoraan edellisen näytteenoton ja huuhtelun jälkeen, voi mittari tässä tapauksessa palata normaalitilaan.

## 9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli testata monilinjaisen kemikaalijäännösmittarin näytteenkäsittelyn toimintaa laboratorio-olosuhteissa. Työssä oli tarkoitus selvittää, saadaanko näyte mittarille näytelinjasta, vaihtuuko näyte mittarin mittakennossa sekä vaikuttavatko näytteen lämpötilan ja paineen muutokset mittaustuloksiin. Työn tekovaiheessa päätettiin näytteenä käyttää suolaliuosta, jolloin lämpötilan ja paineen vaikutusta mittaustuloksiin ei testattu.

Työn suunnittelu aloitettiin selvittämällä millaisissa olosuhteissa mittaria käytetään ja montako näytelinjaa siihen tarvittaisiin. Lisäksi mietittiin miten näytteenkäsittelyn olisi toimittava periaatteessa ja millä tavoin sitä voitaisiin parantaa. Selvitysten pohjalta suunniteltiin laitteiston lohkokaavio, jonka mukainen laitteisto rakennettiin laboratoriotiloihin. Rakennusvaiheessa laitteistosta ei saatu aivan halutun kaltaista johtuen laboratoriotilojen rajallisuudesta. Ongelmia tuli eteen näytelinjoihin saatavien korkeuserojen takia. Lisäksi näytelinjoihin oli rakennettava näytteenottimina toimivat laitteet, joista ei saatu toiminnaltaan täysin oikean näytteenottimien kaltaisia.

Testaukset aloitettiin näytteesiirron testauksella. Siirtoa testattiin ensin näytelinjan omalla paineella ja myöhemmin näyte siirrettiin näytelinjasta mittarille paineilmalla puhaltaen. Testeissä selvisi, ettei näytettä saatu näytelinjan omalla paineella mittarille vaan sitä on tehostettava paineilmalla. Näytteen siirtoon käytetty paineilma oli kuitenkin rajoitettava. Näytteen vaihtumista mittarin mittakennossa testattiin ilman mittarin paineilmahuuhtelua ja sen kanssa. Näyte saatiin vaihtumaan kummassakin tapauksessa, mutta mittarin paineilmahuuhtelulla oli selvä vaikutus näytteen vaihtumisen nopeuteen.

Lopuksi suunniteltiin laitteiston lohkokaavio, jollaisena se toimisi parhaiten. Tässä laitteistossa otettiin huomioon kaikki testeissä havaitut seikat ja sovellettiin niitä tarpeen mukaan. Lopullinen laite olisi testattava tehdasolosuhteissa, mikäli halutaan täysi varmuus sen toiminnasta.

## LÄHTEET

1. KajaaniPOLAROXfi-(P)<sup>TM</sup> Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje W4190013V2.4FI
2. Paperin kemiaa. Helsingin yliopisto. Luettu 21.12.2007. [www-dokumentti]  
[http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/paperi/massan\\_valmistus.htm](http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/paperi/massan_valmistus.htm)
3. Puusta paperiksi. Metso Automationin luentokansio P905923/07. Luettu 21.12.2007
4. Nuortila-Jokinen, J. Massanvalmistuksen kemiaa. Lappeenranta University of Technology. Luettu 21.12.2007. [pdf-dokumentti]  
[http://www2.lut.fi/kete/mempo/tpk\\_coj04/luennot/Massan%20valmistus.pdf](http://www2.lut.fi/kete/mempo/tpk_coj04/luennot/Massan%20valmistus.pdf)
5. Metlas Ky, Puusta paperiin M405, Sellun valkaisu. ISBN -951-9309-66-7. Luettu 21.12.2007.
6. Yleistä valkaisusta. KnowPulp Sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Luettu 17.1.2008 [www-sivu].  
[http://www.knowpulp.com/suomi/demo/suomi/pulping/bleaching/1\\_general/fr\\_text.htm](http://www.knowpulp.com/suomi/demo/suomi/pulping/bleaching/1_general/fr_text.htm)
7. stpk\_4 virtapiirit. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Luettu 17.1.2008 [pdf-dokumentti] [http://www.ee.lut.fi/courses/Sa2700100/stpk\\_4\\_virtapiirit.pdf](http://www.ee.lut.fi/courses/Sa2700100/stpk_4_virtapiirit.pdf)
8. Johtokykymittaus- ja säätö laboratorio työ. Oulun yliopisto. Luettu 4.1.2008 [pdf-dokumentti] <http://cc.oulu.fi/~posyswww/opiskelu/sytelabrat/tyo6.pdf>
9. Mitsubishi ohjelmoitava logiikkaohjain. Luettu 20.12.2007.[www-sivu]  
<http://es.farnell.com/jsp/search/productdetail.jsp?sku=3898015>